প্রকৌশল-অঙ্কন

প্রকৌশল-অঙ্কন

[প্রথম খণ্ড]

বিশ্বনাথ মজুমদার
ইন্‌স্‌ট্রাক্টর (পাওয়ার)
ময়মনসিংহ পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট

বাংলা একাডেমী ঢাকা

প্রথম প্রকাশ
জ্যৈষ্ঠ ১৩৯৬
মে ১৯৮৯

বা. এ. ২২৪৭

মুদ্রণ সংখ্যা : ১২৫০

পাণ্ডুলিপি : ভৌতবিজ্ঞান ও প্রকৌশল উপবিভাগ

প্রকাশক
গোলাম মঈনউদ্দিন
পরিচালক
পাঠ্যপুস্তক বিভাগ
বাংলা একাডেমী, ঢাকা

মুদ্রাকর
ওবায়দুল ইসলাম
ব্যবস্থাপক
বাংলা একাডেমী প্রেস, ঢাকা

প্রচ্ছদ : কালাম আখন্দ

মূল্য : পঁচানব্বই টাকা।

PROKAUSHOL ONKAN (Engineering Drawing) by Biswanath Mazumder. Published by Bangla Academy, Dhaka, Bangladesh. First Edition May, 1989. Price : Taka 95·00, U. S. Dollar 9 only.

উৎসর্গ

আমার পরমারাধ্য কুলগুরু
শ্রীযুক্ত বাবু ঠাকুরদাস মজুমদার
মহাশয়ের স্মৃতিচারণে অর্পিত হলো।

ভূমিকা

'অঙ্কন প্রকৌশলীদের ভাষা' কথাটি সর্বজনবিদিত ও চির সত্য। তার সঙ্গে একথাও সত্য যে, আমাদের দেশে মাতৃভাষায় রচিত কারিগরি অঙ্কন পুস্তকের দারুন অভাব। এই অভাব কিছুটা নিরসনের জন্যই আমার প্রকৌশল-অঙ্কন ১ম ও ২য় খণ্ড পুস্তকটি রচনার প্রয়াস গ্রহণ।

মূলতঃ প্রকৌশল-অঙ্কন ১ম ও ২য় খণ্ড পুস্তকটিতে পলিটেকনিক ইনস্টিটিউটের দ্বিতীয় বর্ষ শক্তি, যন্ত্র, বিদ্যুৎ, কেমি ও খাদ্য কৌশল বিভাগীয় বিষয় 'যান্ত্রিক-অঙ্কন ১ ও ২' (Mechanical Drawing -1, 2) এর কোর্স (বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা বোর্ড, ঢাকা-এর সাম্প্রতিক BEHAVIOURAL OBJECTIVE COURSE) অনুযায়ী লিখিত। পুস্তকটিতে মূল বিষয়সমূহের বিষয়বস্তু ছাড়াও 'সাধারন কারিগরি অঙ্কন'-এর প্রয়োজনীয় তথ্যাবলীও সংযোজিত এবং সমুদয় বিষয়বস্তু একাধিক উদাহরণ সহকারে প্রাঞ্জল ভাষায় প্রকাশের চেষ্টা করা হয়েছে। পুস্তকটি কারিগরি শিক্ষাঙ্গন ও কর্মাঙ্গনে সংশ্লিষ্ট সকল শিক্ষার্থী, শিক্ষক, প্রশিক্ষণার্থী ও আগ্রহী পাঠক-পাঠিকাদের কিছুটা সাহায্যে এলে নিজের শ্রম সার্থক হয়েছে বলে মনে করবো। পুস্তকের মানোন্নয়নের লক্ষ্যে পাঠকদের কাছ থেকে যে কোন গঠনমূলক সমালোচনা কৃতজ্ঞতার সাথে গৃহীত হবে।

'প্রকৌশল-অঙ্কন' (১ম ও ২য় খণ্ড) নামক এই পুস্তকটি আমার পুস্তক রচনা ক্ষেত্রে তৃতীয় পদক্ষেপ। ইতিপূর্বে আমার রচিত এবং পলিটেকনিক ইনস্টিটিউটের জন্য বাংলায় পাঠ্যপুস্তক প্রণয়ন কমিটি কর্তৃক অনুমোদিত দুটি পাঠ্যপুস্তক (পাওয়ার প্ল্যান্ট ইঞ্জিনিয়ারিং এবং মোটরযান প্রযুক্তি ১ম, ২য় ও ৩য় খণ্ড) বাংলা একাডেমী, ঢাকা থেকে প্রকাশিত হয়েছে। এ জন্য আমি সংশ্লিষ্ট সম্মানিত কর্মকর্তা এবং সংশ্লিষ্ট সবার প্রতি আন্তরিক শ্রদ্ধা নিবেদন করছি।

বিশ্বনাথ মজুমদার

সূচীপত্র

প্রথম অধ্যায়

প্রোজেকশন, কর্তিত ও স্কেচিং নকশা অঙ্কন

ভূমিকা

প্রকৌশলী এবং কারিগরবৃন্দ যে নকশা অঙ্কনের মাধ্যমে কারিগরি কর্মকাণ্ডে বিজ্ঞান-ভিত্তিক উন্নয়নমূলক কার্য সম্পাদন করেন ও বাস্তবে রূপায়িত করেন সেই সকল অঙ্কনকেই "প্রকৌশল অঙ্কন" বলা হয়। সেজন্য অঙ্কনকে প্রকৌশলীদের ভাষা (Drawing is the Language of Engineers) বলা হয়।

প্রাচীন সভ্যতার যুগে খুব সাধারণ নকশা অঙ্কনের প্রচলন ছিল, কিন্তু প্রকৌশল অঙ্কনের তেমন প্রচলন বা নিপুণতা ছিল না। এ কারণে তখনকার বিজ্ঞান ও প্রযুক্তির মান এখনকার তুলনায় অনেক অনুন্নত ছিল। বর্তমানে আধুনিক বৈজ্ঞানিক যুগে বিজ্ঞানের প্রসার ও অঙ্কনের বাস্তব প্রয়োগের ফলেই নতুন নতুন প্রকৌশল-যন্ত্রপাতি আবিষ্কার শুরু হয়েছে। এর ফলে আমাদের কৃষি, শিল্প ও সমাজ ব্যবস্থাকে ধাপে ধাপে অগ্রগতির দিকে নিয়ে যাচ্ছে এবং জীবনযাত্রার মান উত্তরোত্তর বৃদ্ধি পাচ্ছে।

দুনিয়ায় যা আমাদের চোখে পড়ে যেমন, চেয়ার, টেবিল, দালানকোঠা, মোটরযান, রেডিও, টেলিভিশন প্রভৃতি সকল বস্তু বা যন্ত্রপাতিই প্রকৌশল নকশা-লক্ষ্য করে কারিগর ও প্রকৌশলীগণ প্রস্তুত করেছেন। পূর্বেকার নকশার তুলনায় বর্তমানের নকশা উন্নততর ও বিজ্ঞানসম্মত বলেই পূর্বের যন্ত্রপাতির তুলনায় বর্তমানের যন্ত্রপাতির আকৃতি, প্রকৃতি ও গুণগত মান এত আকর্ষণীয় হচ্ছে।

তদুপরি আধুনিক প্রকৌশল-অঙ্কন অনুসরণ করে কারিগরগণ অতি সহজে সূক্ষ্ম ও নিপুণভাবে, কম সময়ে এবং কম খরচে দ্রব্যাদি বা যন্ত্রপাতি প্রস্তুত করতে সক্ষম হচ্ছেন। আর এ কারণেই কারিগরি কর্মকাণ্ডে প্রকৌশল-অঙ্কনের গুরুত্ব অপরিসীম।

প্রকৌশল অঙ্কনের প্রকারভেদ

নকশা অঙ্কনের আকৃতি, প্রকৃতি ও ব্যবহারভেদে কারিগরি অঙ্কনকে বিভিন্ন শ্রেণীতে ভাগ করা যায়।

যেমন :

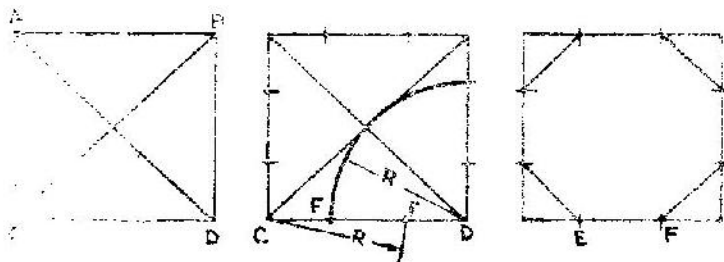
(ক) জ্যামিতিক অঙ্কন (Geometrical drawing),

(খ) যন্ত্রের সাহায্যে অঙ্কন (Mechanical drawing),

(গ) স্থাপত্য অঙ্কন (Drafting drawing),

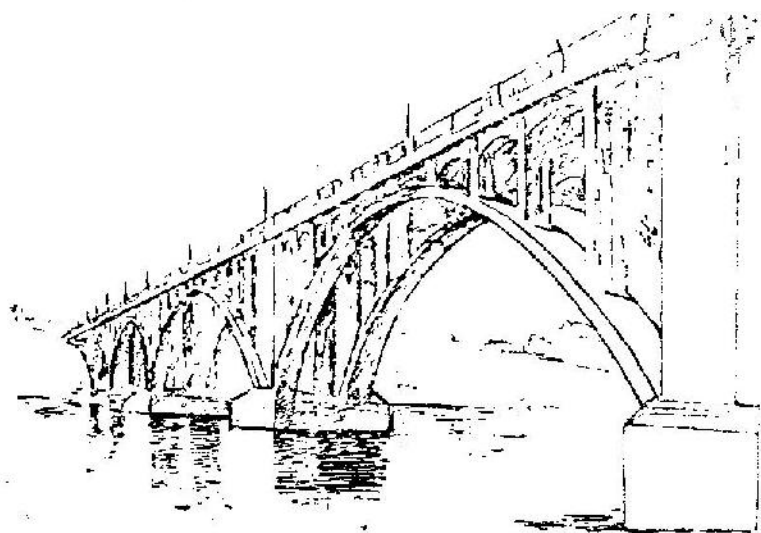
(ঘ) বৈদ্যুতিক অঙ্কন (Electrical drawing)।

নিম্নে উদাহরণসহ এই অঙ্কনসমূহ সম্পর্কে সংক্ষেপে বর্ণনা করা হয়েছে।

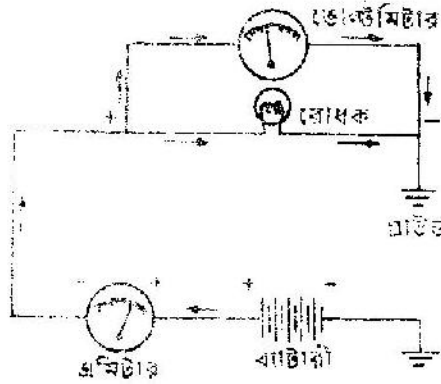
(ক) জ্যামিতিক অঙ্কন : প্রকৌশল অঙ্কনের প্রাথমিক অঙ্কনকে জ্যামিতিক অঙ্কন বলে। জ্যামিতিক রেখা দ্বারাই অঙ্কনের কাঠামো গঠিত হয়। যেমন : সরল, বক্র, হেলানো প্রভৃতি রেখা দ্বারা অঙ্কিত কোণ, ত্রিভুজ, বৃত্ত, উপবৃত্ত প্রভৃতি জ্যামিতিক অঙ্কনের উদাহরণ। ১.১ চিত্রে জ্যামিতিক অঙ্কন দেখানো হয়েছে (বর্গক্ষেত্রের মধ্যে একটি অষ্টভুজ)। এতে বর্গক্ষেত্রের চারটি কোণ থেকে কেন্দ্রবিন্দু পর্যন্ত পরিমাপ নিয়ে চারটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করলে অষ্টভুজের আটটি ভুজের পরিমাপ পাওয়া যায়।

চিত্র ১.১ : জ্যামিতিক অঙ্কন (বর্গক্ষেত্রের মধ্যে একটি অষ্টভুজ)।

(খ) যন্ত্রের সাহায্যে অঙ্কন : শিল্পপ্রতিষ্ঠান ও কারখানাসমূহে যন্ত্রাদি প্রস্তুত, নির্দেশনা, মেরামত, রক্ষণাবেক্ষণ, সংস্থাপন প্রভৃতি কার্য সম্পন্ন করার জন্য প্রয়োজনীয় অঙ্কন করাকেই যান্ত্রিক অঙ্কন বলা হয়। যেমন : বিমান, মোটরযান, জাহাজ, লেদযন্ত্র, প্রভৃতি যন্ত্রের মূল ও খুচরা যন্ত্রাংশের নকশাদি যান্ত্রিক অঙ্কনের অন্তর্ভুক্ত। ১.২ চিত্রে একটি বিমানের যান্ত্রিক নকশা দেখানো হয়েছে। এটি অঙ্কন শিল্পী কর্তৃক অঙ্কিত একটি উড়ন্ত বিমানের নকশা।

চিত্র ১.২ : যান্ত্রিক অঙ্কন (একটি বিমানের কাঠামো)।

(গ) স্থাপত্য অঙ্কন : দালানকোঠা, পুল, রাস্তাঘাট, নদীনালা প্রভৃতি নির্মাণ, মেরামত, খনন ও পুনঃখনন এবং রক্ষণাবেক্ষণ ইত্যাদি কাজের জন্য অঙ্কিত

চিত্র ১.৩ : স্থাপত্য অঙ্কন (একটি ব্রিজের পার্সপেকটিভ নকশা)।

বা অনুসৃত নকশাসমূহকে স্থাপত্য অঙ্কন বলা হয়। ১.৩ চিত্রে একটি স্থাপত্য অঙ্কন (একটি ব্রিজের পার্সপেকটিভ নকশা) দেখানো হয়েছে। এই নকশায় বস্তুটির নিকটের অংশ বড় এবং দূরের অংশাদি ক্রমান্বয়ে ছোট দেখা যায়।

(ঘ) **বৈদ্যুতিক অঙ্কন :** কোন বৈদ্যুতিক বর্তনী, বৈদ্যুতিক জেনারেটর, টাওয়ার, বৈদ্যুতিক মোটর, ইলেকট্রনিক যন্ত্রপাতি প্রভৃতি প্রস্তুত, মেরামত, রক্ষণাবেক্ষণ এবং সংস্থাপন কাজে ব্যবহৃত অঙ্কনসমূহকে বৈদ্যুতিক অঙ্কন বলা হয়। ১.৪ চিত্রে একটি বৈদ্যুতিক অঙ্কন (অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার সংযোগ নকশা) দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.৪ : বৈদ্যুতিক অঙ্কন (অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার সংযোগ নকশা)।

অঙ্কনের প্রয়োজনীয় রেখাসমূহ

প্রকৌশল অঙ্কনের জন্য নিম্নবর্ণিত লাইনগুলি আঁকার অভ্যাস করা বা মনে রাখা শিল্পী এবং কারিগরবৃন্দের জন্য অবশ্যই প্রয়োজন, যেমন :

(ক) **কার্যকরী বা মূল রেখা** (Working or object line) **:** এটি এক টানে মোটা করে অঙ্কন করতে হয়।

(খ) **হিডেন বা অস্পষ্ট রেখা** (Hidden or invisible line) : ইহা হাল্কা অথচ খাটো ডটেড লাইন (short dotted line) নামে খ্যাত, যার দৈর্ঘ্য ৬ মিলিমিটার (১/৪″) এবং ডটেড রেখাদ্বয়ের মাঝে ফাঁক থাকে ১.৫ মিঃমিঃ (১/১৬″)। সাধারণত কোন বস্তুর অস্পষ্ট অংশ দেখাতে ইহা ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ১.৫ : প্রকৌশল অঙ্কনে ব্যবহৃত প্রয়োজনীয় রেখাসমূহ।

(গ) হাল্কা বা প্রোজেকশন রেখা (Thin or projection line) : এই রেখা আঁকতে পেন্সিল হাল্কাভাবে ধরতে হয়। অঙ্কন কাজের শুরুতে প্রথমতঃ এই ধরনের রেখা ব্যবহার করা হয়। অতঃপর চূড়ান্ত পর্যায়ে উক্ত রেখাকে কালো ও মোটা করার প্রয়োজন হয়।

(ঘ) **কেন্দ্র-রেখা** (Centre line) : কোন বস্তু অথবা যন্ত্রাদির কেন্দ্র দেখাতে এই রেখা ব্যবহার করা হয়। এতে অঙ্কনের পরিমাপ অনুযায়ী ২ সেঃ মিঃ থেকে ৪ সেঃ মিঃ পর্যন্ত বড় রেখা, ১. ৫ মিঃ মিঃ থেকে ৩ মিঃ মিঃ ছোট রেখা এবং উভয় রেখার মাঝে ১.৫ মিঃ মিঃ পর্যন্ত ফাঁক রাখা হয়।

(ঙ) **পরিমাপক রেখা** (Dimension line) : কোন বস্তু বা যন্ত্রের দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, বেধ বা উচ্চতা, ব্যাস প্রভৃতির পরিমাপ দেখাতে এই রেখা ব্যবহার করা হয়। সাধারণত এই রেখার দুই ধারে তীর-চিহ্ন এবং মাঝামাঝি যন্ত্রের পরিমাপ লেখা থাকে, যার মাত্রা সঠিক পরিমাপ অনুযায়ী চিহ্নিত করা হয়।

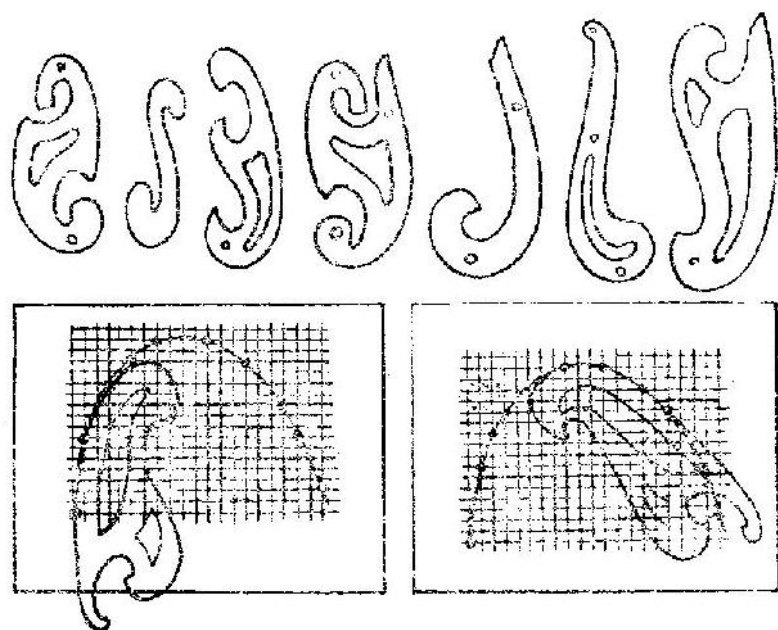
(চ) **কাটিং প্লেন রেখা** (Cutting plane line) : এই রেখা দেখতে অনেকটা কেন্দ্র-রেখার মত, শুধু পার্থক্য হলো এর বড় রেখাদ্বয়ের মাঝে দুটি ছোট রেখা এবং দুই প্রান্তের রেখার সঙ্গে খাড়াভাবে তীর-চিহ্ন থাকে; কোন বস্তুকে ছেদ করলে এই রেখা দ্বারা ছেদক স্থান ও অংশকে বুঝানো হয়। এতে বড় রেখা ± ২ থেকে ৮ মিঃ মিঃ, ছোট ডটেড রেখা ± ৬ মিঃ মিঃ এবং ফাঁকা থাকে ১.৫ মিঃ মিঃ।

(ছ) **ভাঙ্গন রেখা** (Break line) : কোন বস্তুকে ভাঙ্গার পর ঐ ভাঙ্গা অংশ দেখাতে এই রেখা ব্যবহার করা হয়। এই রেখাকে চিত্রানুযায়ী দুইভাবে দেখানো হয়েছে। উভয় ভাঙ্গন রেখাই খালি হাতে অঙ্কন করা চলে, যার প্রথমটি খাটো ও পরেরটি লম্বা ভগ্নরেখা।

(জ) **তীর-চিহ্নের রেখা** (Arrow head line) : কোন চিত্রে বস্তুর নাম ও পরিমাপ নির্দেশ করতে সাধারণত তীর-চিহ্নের রেখা ব্যবহৃত হয়। অঙ্কন বা নকশার পরিমাপ অনুযায়ী এই তীর-চিহ্নের আকৃতির পরিবর্তন হয়, আনুপাতিক হার সমান থাকে, যেমন— তীর-চিহ্নের দৈর্ঘ্য ২ সেঃ মিঃ হলে এর ব্যাস হয় ৩.৫ মিঃ মিঃ। অর্থাৎ তীর-চিহ্নের ব্যাস, $B = \frac{1}{3}L$; যেখানে L হলো তীর-চিহ্নের দৈর্ঘ্য।

(ঝ) **সেকশন লাইন** (Section line) : কোন বস্তুকে কর্তন করা হলে, বস্তুটির নকশায় উহার ভূমির সঙ্গে ৪৫° কোণ করে এই রেখা অঙ্কন করার মাধ্যমে বস্তুর কর্তিত অবস্থা দেখানো হয়। ১.৫ চিত্রে কারিগরি অঙ্কনে ব্যবহৃত প্রয়োজনীয় রেখাসমূহ দেখানো হয়েছে।

ফ্রেঞ্চ কার্ভসমূহ (French Curves)

প্রকৌশল নকশা অঙ্কনকালে নকশায় প্রয়োজনীয় জটিল বক্ররেখাসমূহ অঙ্কনের জন্য ব্যবহৃত বক্ররেখার যন্ত্রপাতিকে ফ্রেঞ্চ কার্ভ বলা হয়। ১.৬ চিত্রে বিভিন্ন প্রকার ফ্রেঞ্চ কার্ভ দেখানো হয়েছে। এই অঙ্কন-যন্ত্রপাতি প্রস্তুত করতে সাধারণত প্লাস্টিক বা নমনীয় ধাতু ব্যবহার করা হয়। এতে নির্দিষ্ট পরিমাপের বক্ররেখা, উপবৃত্ত, বৃত্ত প্রভৃতি থাকে।

চিত্র ১.৬ : বক্ররেখা অঙ্কনোপযোগী ফ্রেঞ্চ কার্ভসমূহ।

অক্ষর ও নম্বর অংকন (Lettering and numbering)

অঙ্কন কাগজের বিভিন্ন স্থানে নকশা ও যন্ত্রপাতির নাম এবং সংখ্যা লিপিবদ্ধ করার জন্য সাধারণত একক রেখার ইংরেজি অক্ষর ও নম্বর (Single stroke lettering and numbering) ব্যবহার করা হয়। ১.৭ চিত্রে দ্রুত অঙ্কনোপযোগী একক রেখার খাড়া অক্ষর ও নম্বর অঙ্কনের নমুনা দেখানো হয়েছে। এই ধরনের অক্ষরসমূহ আবার হেলানোভাবেও অঙ্কন করা যায়।

A B C D E F G H I
J K L M N O P Q R
S T U V W X Y Z
1 2 3 4 5 6 7 8 9 0
a a b c d e f g g h i j k l m
n o p q r s t u v w x y y z

চিত্র ১.৭ : সত্বর অঙ্কনোপযোগী একক রেখার অক্ষর ও নম্বর অঙ্কনের নমুনা।

এই ধরনের অক্ষর ও নম্বর অঙ্কন করতে দুই অথবা তিনটি হাল্কা আনুভূমিক রেখা অঙ্কন করলেই চলে। অতঃপর "সেটস্কয়ার" (Sets' Square)-এর সাহায্যে চোখের ও হাতের পরিমাপ অনুযায়ী ইংরেজি অক্ষর ও নম্বর, অঙ্কন কাজের ও অঙ্কনকারীর নাম-ঠিকানা প্রভৃতি অতিসত্বর লেখা যায়। তবে, এই ধরনের অক্ষর ও নম্বর অঙ্কন করার পূর্বে, অঙ্কন-কাগজের (drawing paper) উপর অঙ্কিত ছকের উপর বারংবার এঁকে উহার আকৃতি ও প্রকৃতির উপর ব্যবহারিক দক্ষতা অর্জন করা উচিত।

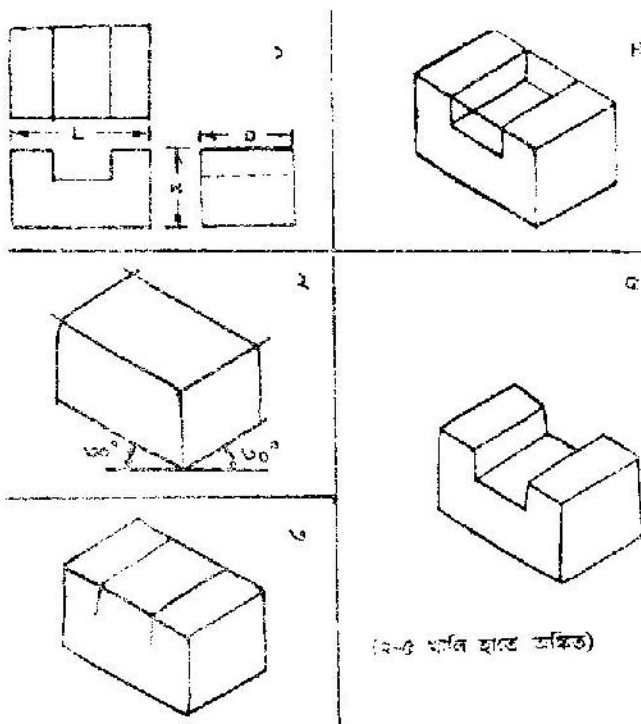
নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া (System of drawing)

যে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিভিন্ন প্রকার নকশা অঙ্কন করা হয়, তাকে নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া বলে। এই প্রক্রিয়া সাধারণত দুই প্রকার, যথা :

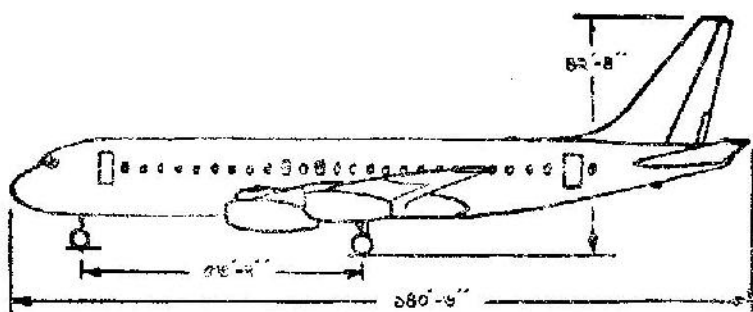
(ক) খালি হাতে অঙ্কন বা স্কেচিং (Free hand drawing or sketching),

এবং

(খ) যন্ত্রের সাহায্যে অঙ্কন (Instrumental drawing)।

(ক) খালি হাতে অঙ্কন বা স্কেচিং : যে সকল সহজ বা ছোট নকশা যন্ত্রপাতির সাহায্য ব্যতিরেকে শুধুমাত্র পেন্সিল অথবা অঙ্কনের কলম দ্বারা "অঙ্কন কাগজের" (drawing sheet) উপর অঙ্কন করা হয় উহাকেই খালি হাতে অঙ্কন বা স্কেচিং বলা হয়। খালি হাতে অঙ্কন কাজের বেশিরভাগ ক্ষেত্রে পেন্সিল ও মোছার রাবার (eraser) ব্যবহার করা হয়। এই নকশা প্রস্তুতে শুধুমাত্র হাত ব্যবহার করা হয় বলে, এতে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা হয়। কোন মূল নকশা প্রস্তুতের প্রাথমিক ধাপ হিসেবেও অনেক সময় অঙ্কন কাগজের উপর খালি হাতে অঙ্কন করার অভ্যাস করা হয়। এতে যন্ত্রাদির নকশা প্রস্তুতের অনুকূলে নতুন নতুন তথ্য লাভ করা যায়। কোন যন্ত্রের নকশা খালি হাতে অঙ্কন করার পূর্বে, একটি নির্দিষ্ট পরিকল্পনার মাধ্যমে অঙ্কন কাগজে পেন্সিলের দাগ দিয়ে মূল নকশাটি এঁকে দেখতে হয়।

চিত্র ১.৮ : খালি হাতে একটি ঘনবস্তু অঙ্কন।

১.৮ চিত্রে খালি হাতে অঙ্কিত একটি ঘনবস্তুর নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। অঙ্কন কাগজ অথবা কোন ক্ষেত্রের উপর একটি বস্তুর নকশা (আইসোমেট্রিক বা পিকটোরিয়াল) অঙ্কন করতে ভিত্তিরেখার (base line) একটি বিন্দু থেকে একটি খাড়া এবং অপর দুটি ৩০° কোণে হেলানো সরলরেখা অঙ্কন করতে হয়। অতঃপর বস্তুটির তল অনুসারে নির্দিষ্ট সংখ্যক লাইন টেনে নকশাটি সম্পন্ন করা হয়। খালি হাতে এই নকশা প্রস্তুত করা হয় বলে, উহার রেখাগুলি সামান্য আঁকাবাঁকা হয়। এবং সচরাচর এই নকশায় পরিমাপ দেখানো হয় না।

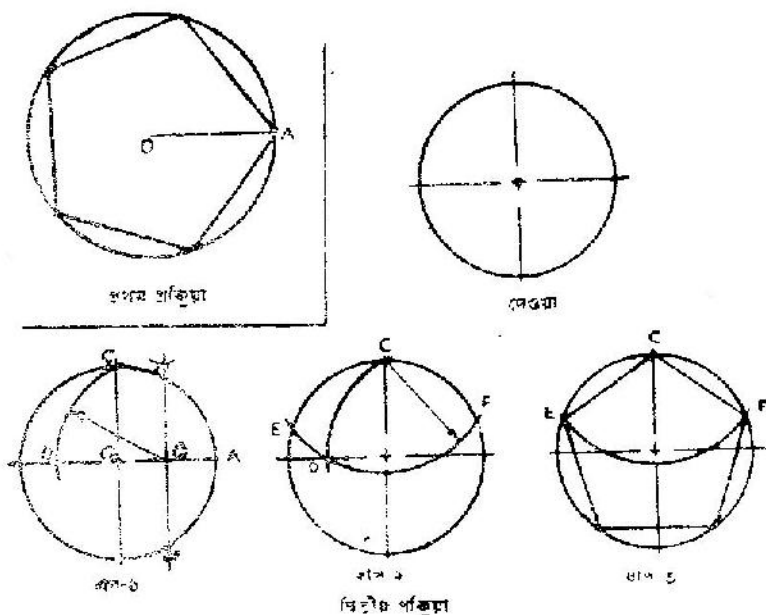
(খ) যন্ত্রের সাহায্যে অঙ্কন : বিভিন্ন রকম যন্ত্রপাতির সাহায্যে যখন কোন বস্তু বা যন্ত্রপাতির নকশা অঙ্কন করা হয়, তখন উহাকে যন্ত্রের সাহায্যে অঙ্কন বলে। সকল নকশা অঙ্কন করতেই "অঙ্কন-যন্ত্র" (drawing instrument) ব্যবহার করা হয়। তবে, কোন কোন ক্ষেত্রে বস্তাদির মূল নকশার জটিল রেখাগুলো ফুটিয়ে তুলতে প্রথমতঃ নকশাটি খালি হাতে অঙ্কন এবং চূড়ান্ত পর্যায়ে যন্ত্র দ্বারা অঙ্কন করা হয়। যন্ত্রের সাহায্যে অঙ্কনের রেখাসমূহ অধিকাংশ ক্ষেত্রে সূক্ষ্ম বা জটিল প্রকৃতির হয়। এই অঙ্কনের রেখাগুলো নির্দিষ্ট যন্ত্রপাতি দ্বারা অঙ্কন করা

চিত্র ১.৯ : অঙ্কন-যন্ত্রপাতি দ্বারা অঙ্কিত একটি উড়োজাহাজের পার্শ্ব-নকশা।

হয় বলে, এর রেখাগুলো স্বাভাবিকভাবেই সরল অথবা বক্র হয়। ১.৯ চিত্রে অঙ্কন যন্ত্রপাতি দ্বারা অঙ্কিত একটি উড়োজাহাজের পার্শ্ব-নকশা দেখানো হয়েছে। চিত্রে নির্দিষ্ট পরিমাপও নির্দেশিত হয়েছে।

উভয় প্রকার নকশা অঙ্কন করতেই হাতের নিপুণতা প্রয়োজন। তবে খালি হাতে প্রকৃত সরল ও বক্ররেখা অঙ্কন করা তুলনামূলকভাবে কঠিন। কিন্তু অঙ্কন

যন্ত্রের সাহায্যে যে কোন দক্ষ ব্যক্তিই সঠিকভাবে যে কোন নকশা অঙ্কন করতে সক্ষম হয়। এক্ষেত্রে শুধু পদ্ধতি জানা থাকলেই চলে।

বহুভুজ (Folygon) অঙ্কন প্রক্রিয়া

দুই-এর অধিক সংখ্যক বাহুবিশিষ্ট সীমাবদ্ধ অথবা গোলাকার ক্ষেত্রকে "বহুভুজ" বলে। ইহা জ্যামিতিক অঙ্কনের অন্তর্ভুক্ত। পঞ্চভুজ, ষড়ভুজ, সপ্তভুজ, অষ্টভুজ প্রভৃতি বহুভুজ এর উদাহরণ। এইসব চিত্রের অঙ্কন প্রক্রিয়া নিম্নরূপ :

চিত্র ১.১০: পঞ্চভুজ অঙ্কনের দুটি নমুনা।

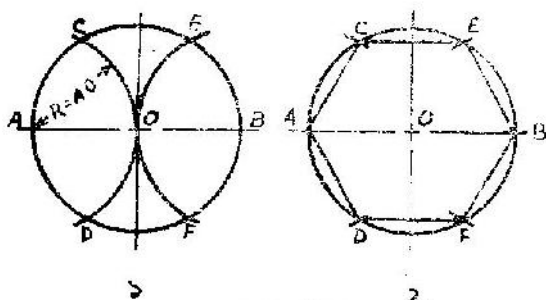
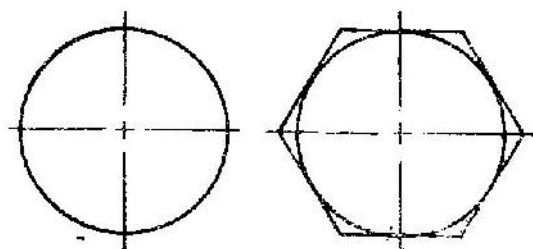
পঞ্চভুজ (Pentagon)

পাঁচটি বাহুবিশিষ্ট ক্ষেত্রকে পঞ্চভুজ বলে। ১.১০ চিত্রে একটি বৃত্ত স্পর্শ করে দুই প্রকার পঞ্চভুজ অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

১ম প্রক্রিয়া : এই প্রক্রিয়ায় প্রথমে একটি বৃত্ত অঙ্কন করা হয়। অতঃপর উহার কেন্দ্র O থেকে A বৃত্তের পরিধি পর্যন্ত যোগ করা হয় এবং A বিন্দু থেকে বৃত্তের পরিধিকে সমান পাঁচটি ভাগে বিভক্ত করা হয়। এরপর বিন্দু পাঁচটির মধ্যে পরস্পর দুটিকে চিত্রানুযায়ী যোগ করে দিলেই পঞ্চভুজ হয়।

২য় প্রক্রিয়া : এই প্রক্রিয়াতে একটি "পঞ্চভুজ" অঙ্কন করার জন্য একটি বৃত্ত দেয়া আছে, যাকে চারটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। এখন, প্রথম ধাপে OA কে দ্বিখণ্ডিত করে B কে কেন্দ্র করে লম্ব C পর্যন্ত ব্যাসার্ধ নিয়ে CD বৃত্তচাপ আঁকি। অতঃপর অঙ্কনের ২য় ধাপে C কে কেন্দ্র করে CD ব্যাসার্ধ নিয়ে আরেকটি বৃত্তচাপ আঁকি। উক্ত বৃত্তচাপটি বৃত্তের পরিধিকে EF বিন্দুদ্বয়ে ছেদ করছে। CE ও CF যোগ করে পঞ্চভুজের দুটি বাহু পাওয়া গেল। এখন, CE অথবা CF এর সমান পরিমাপ নিয়ে E এবং F বিন্দু থেকে বিপরীত দিকে পরিধির উপর দুটি ছেদক বিন্দু টেনে যোগ করি এবং নতুন বিন্দুদ্বয় যোগ করলে সমান পরিমাপের আরও তিনটি রেখা বা ভুজ পাওয়া যাবে। এভাবে আরেকটি পঞ্চভুজ পাওয়া যায়।

ষড়ভুজ (Hexagon)

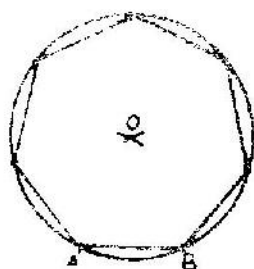
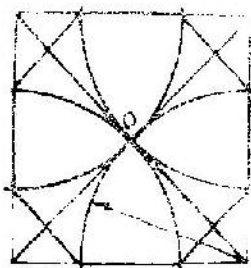
ছয়টি বাহুবিশিষ্ট ক্ষেত্রকে "ষড়ভুজ" বলে। কারিগরি কাজকর্মের জন্য তৈরি করা অধিকাংশ নাট ও বোল্টের মাথা ষড়ভুজাকৃতির হয়। ১.১১ চিত্রে ষড়ভুজ অঙ্কনের দুটি প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

প্রথম প্রক্রিয়া

দ্বিতীয় প্রক্রিয়া

চিত্র ১.১১ : ষড়ভুজ অঙ্কনের দুটি প্রক্রিয়া।

প্রথম প্রক্রিয়া : এতে প্রথম ধাপে একটি বৃত্ত অঙ্কন করে চিত্রানুযায়ী উহাকে চারটি ভাগ করে বৃত্তের কেন্দ্র-রেখা টানা হয়। কেন্দ্র O এবং সমান্তরাল কেন্দ্র-রেখার ছেদকদ্বয়কে A ও B নাম দেওয়া হয়। অতঃপর A এবং B কে কেন্দ্র করে যথাক্রমে AO এবং BO ব্যাসার্ধ নিয়ে দুটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করলে চাপদ্বয় পরিধিকে C, D, E, F চারটি বিন্দুতে ছেদ করবে। এখন চূড়ান্ত নকশায় যথাক্রমে AC, CE, BE, BF, DF এবং AD যোগ করলেই একটি ষড়ভুজ হয়।

দ্বিতীয় প্রক্রিয়া : এই প্রক্রিয়ায়ও প্রথম ধাপে একটি বৃত্ত অঙ্কন করে চিত্রানুযায়ী উহাকে চারটি ভাগ করা হয়। অতঃপর T-স্কয়ারকে সমান্তরালভাবে ধরে সেট-স্কয়ারের ৬০° কোণকে চিত্রানুযায়ী ধরে উহার পার্শ্ব দিয়ে বৃত্তের মধ্য-রেখা পর্যন্ত একটি রেখা অঙ্কন করা হয় এবং T-স্কয়ারের সংলগ্ন রেখা টানা হয়। উহার বাম পার্শ্ব থেকে অনুরূপভাবে ৬০° কোণে বৃত্তের মধ্যরেখা পর্যন্ত আরেকটি রেখা টানা হয়। এতে বৃত্তটির দ্বিতীয় ধাপের নকশার নিচের দিকে ষড়ভুজের তিনটি রেখা বা ভুজ পাওয়া গেল। অতঃপর একই প্রক্রিয়ায় বৃত্তটির উপরের দিকে আরও তিনটি রেখা টেনে ষড়ভুজ অঙ্কন সম্পন্ন করা হয়।

সপ্তভুজ (Heptagon)

সাতটি বাহুবিশিষ্ট ক্ষেত্রকে সপ্তভুজ বলে। ১.১২ চিত্রে একটি "সপ্তভুজ" এবং একটি অষ্টভুজ অঙ্কনের একটি করে নমুনা অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.১২ : একটি সপ্তভুজ এবং একটি অষ্টভুজ অঙ্কনের নমুনা।

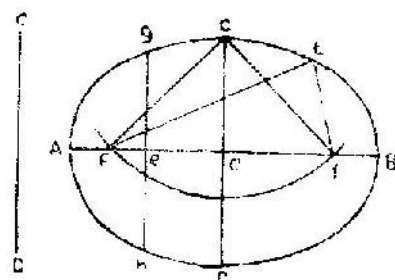
সপ্তভুজের ক্ষেত্রে, প্রথমে একটি বৃত্ত অঙ্কন করে পরিধিকে AB বাহুর সমান সাতটি সমান ভাগে ভাগ করে বিভক্ত বিন্দুসমূহকে চিত্রের ন্যায় যোগ করলেই সপ্তভুজ পাওয়া যায়।

অষ্টভুজ (Octagon)

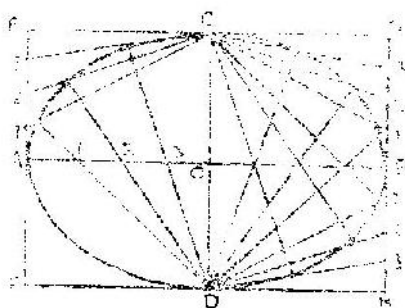
আটটি বাহুবিশিষ্ট ক্ষেত্রকে অষ্টভুজ বলে। যান্ত্রিক কাজে ব্যবহৃত কতকগুলি নাট ও বোল্টের মাথা অষ্টভুজাকৃতিতে প্রস্তুত করা হয়। অষ্টভুজের চিত্রানুযায়ী প্রথমে একটি বর্গক্ষেত্র অঙ্কন করে উহার চার কর্ণ-বিন্দু থেকে দুটি কর্ণ-রেখা টানা হয়। উহারা পরস্পর O বিন্দুতে ছেদ করে। অতঃপর বর্গক্ষেত্রটির চারটি কর্ণ-বিন্দুকে কেন্দ্র করে O সমান ব্যাসার্ধ নিয়ে পর পর চারটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করলে চতুর্ভুজ বা বর্গক্ষেত্রের চারটি বাহুতে দুটি করে ছেদক বিন্দু পতিত হবে। এরপর দুটি ছেদক বিন্দু যোগ করলে অষ্টভুজের চারটি বাহু এবং এই চারটি বাহুর আটটি কর্ণ-বিন্দু যোগ করলে পরবর্তী চারটি বাহু তৈরি হয় এবং সামগ্রিক ভাবে একটি অষ্টভুজ পাওয়া যায়।

ইলিপস বা উপবৃত্ত (*Ellipse*)

ডিম্বাকৃতির নকশাকে ইলিপস বা উপবৃত্ত বলা হয়। কারিগরি নকশার বিভিন্ন পর্যায়ে উপবৃত্তের ব্যবহার সর্বাধিক। নিম্নে উপবৃত্ত অঙ্কনের কয়েকটি প্রক্রিয়া দেখানো হলো। উপবৃত্তের প্রধানতঃ একটি বড় অক্ষ (axis), একটি ছোট অক্ষ ও কেন্দ্রবিন্দু থাকে এবং তা ডিম্বাকৃতির বাহু দ্বারা বেষ্টিত থাকে। আইসো-মেট্রিক নকশাসমূহে যন্ত্রাদির গোলাকার ক্ষেত্রকে উপবৃত্তাকৃতি বা ডিম্বাকৃতি দেখায়।

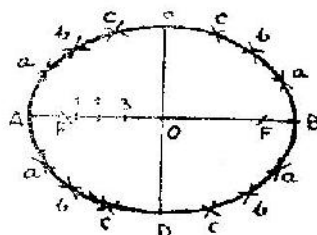
প্রথম প্রক্রিয়া : এই প্রক্রিয়াতে একটি উপবৃত্ত আঁকার জন্য বড় অক্ষ AB ও ছোট অক্ষ CD দেওয়া আছে। প্রথমতঃ AB ও CD অক্ষ দুটিকে O বিন্দুতে সমকোণে আড়াআড়িভাবে অঙ্কন করা হয়। অতঃপর ১.১৩ চিত্র অনুযায়ী C বিন্দু থেকে একটি বৃত্তচাপ আঁকা হয়, উহা AB বাহুকে Ff বিন্দুতে ছেদ করে। অতঃপর CF ও Cf যোগ করা হয়। এখানে খেয়াল রাখা দরকার, যেন CF>CO হয়। অতঃপর তিনটি আলপিন নিয়ে সেগুলিকে C, F এবং f বিন্দুতে পুঁতে দেয়া হয় এবং উহাতে একটি সুতা লাগানো হয় যাতে উহা CF, Ff, FC একটি ত্রিভুজ তৈরি করে। এরপর C বিন্দু থেকে পিনটি খুলে ফেলে সেখানে

চিত্র ১.২৩ : একখণ্ড সুতার সাহায্যে একটি উপবৃত্ত অঙ্কন।

একটি পেন্সিল লাগিয়ে দাগ কাটিতে থাকলে উহা একটি সুন্দর উপবৃত্ত তৈরি করবে।

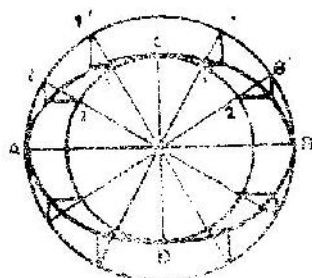
দ্বিতীয় প্রক্রিয়া : এই প্রক্রিয়ায় বড় অক্ষ AB এবং ছোট অক্ষ CD সমকোণে O বিন্দুতে ছেদ করে EFGH আয়তক্ষেত্র আঁকা হয়। অতঃপর AE, GB ও BH এবং AO ও OB বাহুসমূহকে সমান চারভাগে বিভক্ত করা হয়। এখন ১.২৪ চিত্রানুযায়ী C ও D বিন্দু থেকে রেখাসমূহের উপর লিখিত 1, 2, 3

চিত্র ১.২৪ : রেখাসমূহকে বিভক্তিকরণ প্রক্রিয়ায় উপবৃত্ত অঙ্কন।

এর সাথে রেখা টেনে যোগ করলে যে ছেদক বিন্দুসমূহ পাওয়া যাবে, C এবং D বিন্দু থেকে রেখা টেনে ছেদক বিন্দু পর্যন্ত বাড়িয়ে দিলেই একটি উপবৃত্ত অঙ্কিত হবে।

তৃতীয় প্রক্রিয়া : এই প্রক্রিয়ায় উপবৃত্ত আঁকতে হলে পূর্বের নিয়মানুযায়ী AB ও CD অক্ষ দুটিকে O বিন্দুতে সমকোণে ছেদ করানো হয়। অতঃপর

C বিন্দু থেকে AB বাহুর উপর ১.১৫ চিত্র অনুযায়ী একটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হয় এবং উহা AB বাহুর উপর F,F বিন্দুতে ছেদ করে। এখন FO বাহুকে

চিত্র ১.১৫ : বৃত্তচাপকে ছেদ করে একটি উপবৃত্ত অঙ্কন।

1, 2, 3 ভাগে বিভক্ত করা হয়। অতঃপর F ও F বিন্দুদ্বয়কে কেন্দ্র করে B1 ব্যাসার্ধ নিয়ে AB বাহুর উভয় পার্শ্বে চারটি বৃত্তচাপ অঙ্কন করা হয়। আবার A1 এর সমান ব্যাসার্ধ নিয়ে একই কেন্দ্রবিন্দু থেকে চারটি বৃত্তচাপ এঁকে a বিন্দুসমূহে ছেদ করানো হয়। এভাবে F ও f বিন্দুকে কেন্দ্র করে যথাক্রমে B2 এবং B3 এর সমান ব্যাসার্ধ নিয়ে আরও চার যোগ চার মোট আটটি বৃত্তচাপ আঁকা হয়। আবার A2 ও A3 এর পরিমাপে আরও চার যোগ চার আটটি বৃত্তচাপ এঁকে B ও C বিন্দুসমূহে ছেদ করানো হয়। অতঃপর a, b, c ছেদক বিন্দুসমূহ থেকে ACBDA পর্যন্ত বাড়ানো হলে তা একটি উপবৃত্ত হবে।

চতুর্থ প্রক্রিয়া : এই প্রক্রিয়ায় দুটি অক্ষ AB ও CD কে O বিন্দুতে সমকোণে ছেদ করানোর পর O বিন্দু থেকে অক্ষদ্বয়ের পরিমাপ অনুযায়ী দুটি বৃত্ত অঙ্কন করা হয়। ১.১৬ চিত্র অনুসারে বৃত্তদ্বয়কে উহাদের কেন্দ্র থেকে মোট ১২ ভাগে ভাগ করা হয়। অতঃপর 1′, 2′ এবং 1, 2 থেকে চিত্র অনুসারে AB

চিত্র ১.১৬ : দুটি কেন্দ্রীভূত বৃত্তের দ্বারা একটি উপবৃত্ত অঙ্কন।

ও CD এর সমান্তরাল করে ২ × ৮ = ১৬টি রেখা টানা হয়। এই রেখাসমূহের ছেদক বিন্দু যোগ করে রেখা টানলেই একটি উপবৃত্ত হবে।

স্কেল (Scale)

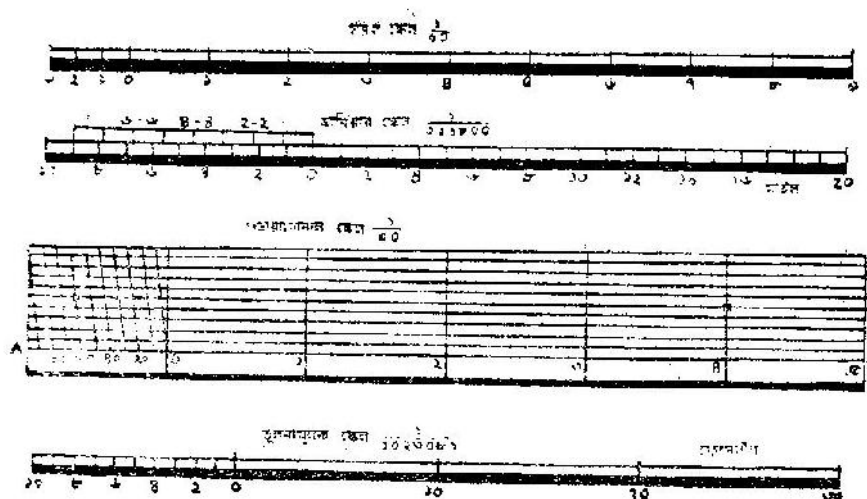
অঙ্কন কাজের সুবিধার্থে অথবা যে কোন পরিমাপের জন্য যে পরিমাপক কাঠি, দণ্ড, যন্ত্র বা মাধ্যম ব্যবহার করা হয়, উহাকেই স্কেল বলে। কারিগরি অঙ্কনে সাধারণত চার প্রকার স্কেলের ব্যবহার দেখা যায়। যেমন:

(ক) **সরল স্কেল** (Plain or simple scale) : এই স্কেলে ইঞ্চি, ফুট অথবা মিলিমিটার, সেন্টিমিটার, প্রভৃতি যে কোন দুটি পরিমাণ ছোট ও বড় ভাগে লাইনে লিপিবদ্ধ থাকে।

(খ) **ভার্নিয়ার স্কেল** (Vernier scale) : এই স্কেলে ফার্লং, মাইল অথবা সেন্টিমিটার, মিটার, কিলোমিটার প্রভৃতি পরিমাপ লিপিবদ্ধ থাকে। এতে একটি বড় স্কেলের সংলগ্ন উপরের দিকে একটি ছোট স্কেল ব্যবহৃত হয়, যার সমদূরে ভগ্নাংশই পরিমাপ নির্ণয়ে ব্যবহৃত হয়।

(গ) **ডায়াগোনাল স্কেল** (Diagonal scale) : এতে মিলিমিটার, সেন্টিমিটার, মিটার অথবা ইঞ্চি, ফুট, গজ প্রভৃতি পরিমাপ লিপিবদ্ধ থাকে এবং ছোট পরিমাপ গ্রহণ করতে আড়াআড়ি ও সমান্তরাল রেখার সেকশন ব্যবহার করা হয়। মেট্রিক পদ্ধতির স্কেল হিসেবে এই স্কেলের ব্যবহার সর্বাধিক।

(ঘ) **তুলনামূলক স্কেল** (Comparative scale) : ইহা দেশীয় পরিমাপের সাথে বিদেশী পরিমাপ তুলনার কাজে ব্যবহৃত হয়।

আমাদের দেশে পূর্বাপর সাধারণ স্কেলের ব্যবহার সমধিক। তবে, গত ১৯৮০ সালের জুন থেকে তাত্ত্বিক এবং ব্যবহারিক ক্ষেত্রে মেট্রিক পরিমাপ চালু হওয়াতে এই স্কেলের ব্যবহার কমে যাচ্ছে। তাই, অদূর ভবিষ্যতে আমাদেরকে সাধারণ স্কেলের পরিবর্তে মেট্রিক বা ডায়াগোনাল স্কেলের উপরই নির্ভর করতে হবে। ১.১৭ চিত্রে সাধারণ, ভার্নিয়ার, ডায়াগোনাল এবং তুলনামূলক স্কেলের একটি করে নমুনা দেখানো হয়েছে। উক্ত স্কেলে নির্দিষ্ট পরিমাপ দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.১১ : সাধারণ, ভার্নিয়ার, ডায়াগোনাল এবং তুলনামূলক স্কেলের নমুনা (আড়াআড়ি চিহ্নের সাহায্যে পরিমাপ দেখানো হয়েছে)।

পরিমাপের তুলনা ও পরিবর্তনের সুবিধার্থে নিম্নে মেট্রিক পদ্ধতির পরিমাপের সঙ্গে সাধারণ স্কেলের পরিমাপের তুলনামূলক তালিকা দেখানো হয়েছে।

১০ মিলিমিটার (mm.) = ১ সেন্টিমিটার (cm.) = ০.৩৯৩৭"
১০ সেন্টিমিটার (cm) = ১ ডেসিমিটার (dm) = ৩.৯৩৭"
১০ ডেসিমিটার (dm) = ১ মিটার (m) = ৩৯.৩৭"
১০ মিটার (m) = ১ ডেকামিটার (dcm),
১০ ডেকামিটার (dcm) = ১ হেকটোমিটার (hm),
১০ হেকটোমিটার (hm) = ১ কিলোমিটার (km) = ০.৬২১৪ মাইল,
১০ কিলোমিটার (km) = ১ মিরিয়ামিটার (mrm),

অর্থাৎ,

১ মিটার (m) = ১,০০০ মিলিমিটার (mm),
১ কিলোমিটার (km) = ১,০০০ মিটার (m),
১ ইঞ্চি = ২৫.৪ মিলিমিটার (mm) = ২.৫৪ সেন্টিমিটার,
১ গজ = ০.৯১৪৪ মিটার (m),
১ মাইল = ১.৬০৯৩ কিলোমিটার (km)।

স্কেলের নির্দেশক ভগ্নাংশ (Representative fraction or R. f. of Scales)

বস্তুর আকার ছোট হলে উহাকে পূর্ণ মাপে অঙ্কন করা যায়। কিন্তু বাড়ি, গাড়ি, সেতু, জমি ইত্যাদি কাগজের তুলনায় অনেক বড় বলে এগুলি পূর্ণ মাপে অঙ্কন করা সম্ভব নয়। প্রয়োজন বা সুবিধানুযায়ী ইহাদের পরিমাপকে একটি নির্দিষ্ট হারে কমিয়ে অঙ্কন করতে হয়। কোন কোন স্থলে ক্ষুদ্র ও জটিল বস্তুর গঠনকে উত্তমরূপে বুঝানোর জন্য ইহাদেরকে বড় করেও অঙ্কন করার প্রয়োজন হয়। বস্তুর প্রকৃত পরিমাপের তুলনায় অঙ্কনে ছোট, বড় বা পূর্ণমাপে অঙ্কন করার হার বা অনুপাতকে কার্যক্ষেত্রে স্কেলের নির্দেশক ভগ্নাংশ বলে।

সুতরাং, আর. এফ. (R. F.) $= \dfrac{\text{অঙ্কিত রেখার দৈর্ঘ্য}}{\text{বস্তুর প্রকৃত দৈর্ঘ্য}}$

উদাহরণস্বরূপ : একটি বস্তুর প্রকৃত দৈর্ঘ্য ৬০ মিলিমিটার। অঙ্কনে ইহাকে ১০ মিঃ মিঃ দীর্ঘ রেখা দ্বারা নির্দেশ করা হলে ইহার—

$$\text{R. f.} = \frac{\text{১০ মিঃ মিঃ}}{\text{৬০ মিঃ মিঃ}} = \text{১ : ৬ হবে।}$$

এখানে, নকশায় বস্তুটির পরিমাপ প্রকৃত পরিমাপের চেয়ে $\frac{১}{৬}$ ভাগ কমানো বা ছোট করা হয়েছে।

স্কেলের অনুপাত

স্কেল ফুল (পূর্ণ) সাইজ = ১ : ১
স্কেল হাফ (অর্ধ) ,, = ১ : ২
স্কেল কোয়ার্টার (এক-চতুর্থাংশ) সাইজ = ১ : ৪
স্কেল ওয়ান-এইট্থ (এক-অষ্টমাংশ) সাইজ = ১ : ৮
স্কেল টোয়াইস (দ্বিগুণ) ফুল সাইজ = ২ : ১
স্কেল ফোর টাইম্স (চতুর্গুণ) ফুল সাইজ = ৪ : ১

সরল স্কেল অংকন প্রক্রিয়া

উদাহরণ-১

১½ ইঞ্চি দ্বারা ১ ফুট নির্দেশ করে ইঞ্চি ও ফুটের সমন্বয়ে এমন একটি সরল বা সাধারণ স্কেল অঙ্কন কর, যা থেকে ৪ ফুট পর্যন্ত দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা সম্ভব হয়। উপরন্তু, এতে ২ ফুট ৬ ইঞ্চি দৈর্ঘ্য দেখাও।

উত্তর : প্রথমে স্কেলটির R. F. নির্ণয় করি।

এতে R. F. = $\frac{১\frac{১}{২} \text{ ইঞ্চি}}{১২ \text{ ইঞ্চি}}$ = $\frac{১}{৮}$ ইঞ্চি হলো। এখন বের করি,

স্কেল-অঙ্কনে রেখার দৈর্ঘ্য = R. F. × স্কেলে পরিমাপের সর্বাধিক দৈর্ঘ্য

= $\frac{১}{৮}$ × ৪ = $\frac{১}{৮}$ × ৪ × ১২ = ৬ ইঞ্চি

চিত্র ১.১৮ : একটি সরল স্কেল অঙ্কন ও পরিমাপ প্রদর্শন।

এরপর ১.১৮ চিত্রানুযায়ী একটি ৬ ইঞ্চি সরলরেখা এবং তার উপরে যথাক্রমে ১$\frac{১}{৮}$ ও ১$\frac{৩}{৮}$ ইঞ্চি দূরত্বে আরও দুটি রেখা আঁকি। যেহেতু, এই স্কেলের সর্বাধিক পরিমাপযোগ্য দৈর্ঘ্য ৪ ফুট, তাই উক্ত রেখাত্রয়কে সমান চারভাগে বিভক্ত করি এবং প্রথম ভাগকে আবার সমান ৪টি অংশে বিভক্ত করি। অতঃপর এই ছোট ঘরগুলিকে আবার তিনভাগে ভাগ করি। চিত্রানুযায়ী ফুট নির্দেশের জন্য স্কেলের নিচের দিকে ০, ১, ২ এবং ৩ সংখ্যাগুলি লিখি। এতে ইঞ্চি প্রদর্শনের জন্য স্কেলের বিপরীত দিকে অবস্থিত ০ থেকে ছোট ঘরগুলি বড়টাতে ৩, ৬, ৯ এবং ১২ লিপিবদ্ধ করি। এখন, স্কেলটি অঙ্কিত হলো এবং ২ ফুট ৬ ইঞ্চি পরিমাপ নির্দেশের জন্য ফুট-এর ২ এবং ইঞ্চি-এর ৬ চিহ্নিত দাগের উপরে তারা চিহ্ন (star mark) এঁকে দেই।

উদাহরণ-২

১০ মিলিমিটার দ্বারা ৫ সেন্টিমিটার নির্দেশ করে এমন একটি সরল স্কেল অঙ্কন কর, যাতে মিলিমিটার ও সেন্টিমিটার উভয় পরিমাপই দেখানো যায় এবং এতে ৪০ সেন্টিমিটার ২০ মিলিমিটার পরিমাপ নির্দেশ কর।

উত্তর : আমরা জানি, R. F. = $\frac{১০ \text{ মিঃ মিঃ}}{৫ \times ১০ \text{ মিঃ মিঃ}}$ = $\frac{১}{৫}$

এখন স্কেল অঙ্কনের রেখার দৈর্ঘ্য = R. F. × স্কেলে পরিমাপের সর্বাধিক দৈর্ঘ্য (পূর্ণমানের সমতুল্য) = $\frac{১}{৫}$ × ৪৫ = ৯ সেঃ মিঃ (এখানে স্কেলের সর্বাধিক দৈর্ঘ্য ৪৫ সেঃ মিঃ ধরা হলো)। এখন ১.১৮ চিত্র অনুযায়ী ৯ সেঃ মিঃ লম্বা একটি

সরলরেখা টানি। উহার উপরের দিকে যথাক্রমে ১/১৬" এবং ৩/১৬" দূরত্বে সমান্তরাল দুটি রেখা অঙ্কন করি এবং উহাকে সমান ৯ ভাগে বিভক্ত করি। এরপর দুটি

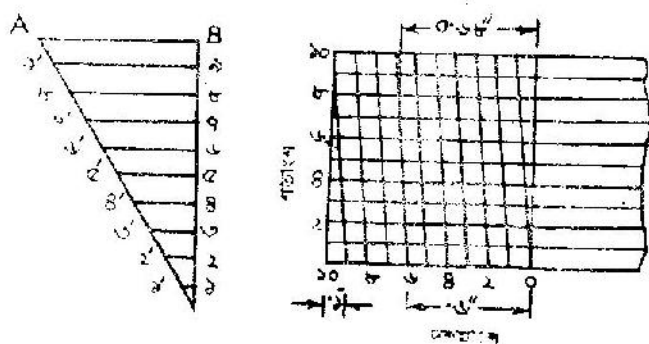
স্কেল ১:৫
১০ ১৫ ২০ ২৫ ৩০ ৩৫ ৪০ ৪৫

চিত্র ১.১৯ : একটি মেট্রিক সরল স্কেল অঙ্কন ও পরিমাপ প্রদর্শন।

ভাগকে ০, ৫, ১০, ১৫, ২০, ২৫, ৩০, ৩৫, ৪০, ৪৫ প্রভৃতি দ্বারা চিহ্নিত করি। স্কেলটিকে AB নাম দেই। এখন AO কে আবার ১০ ভাগে ভাগ করি। উক্ত ভাগে মিলিমিটার লিখি।

এখন O এর পরবর্তী ঘরগুলি সমান ২ অংশে বিভক্ত করি। এতে AB রেখাটি উদ্দিষ্ট সরল স্কেল অঙ্কিত হলো। এরপর মিলিমিটার উল্লিখিত O থেকে বামদিকের চতুর্থ দাগের উপরে একটি তারকা-চিহ্ন এবং ৪০ সেন্টিমিটার উল্লিখিত দাগের উপরে অপর একটি তারকা-চিহ্ন দিই। এতে ৪০ সেন্টিমিটার ২০ মিলিমিটার পরিমাপ নির্দেশিত হলো।

কর্ণ বা ডায়াগোনাল স্কেল অংকন প্রক্রিয়া

এই স্কেলে ইঞ্চি, ফুট অথবা মিটার যাই নির্দেশিত হোক না কেন, ইহার প্রথম ভাগকে সেই সংখ্যার ভগ্নাংশ মোতাবেক সেই সংখ্যায় কর্ণ টানা হয় এবং স্কেলের উপরের দিকে সমান ১০ অংশে বিভক্ত করা হয়। সে হিসেবে ফুট ডায়াগোনাল স্কেলের বামপার্শ্বের প্রথম ভাগকে সমান ১২ ভাগে (যেহেতু ১২ ইঞ্চিতে ১ ফুট), গজ ডায়াগোনাল স্কেলের প্রথম ভাগকে সমান ৩ অংশে (যেহেতু ৩ ফুটে ১ গজ) এবং সেন্টিমিটার ডায়াগোনাল স্কেলের প্রথম ভাগকে সমান ১০ অংশে (যেহেতু ১০ মিলিমিটারে ১ সেন্টিমিটার) বিভক্ত করা হয়। অতঃপর এই স্কেলের শেষাংশ থেকে প্রত্যেক ভগ্নাংশের বিন্দু পর্যন্ত কর্ণ বা ডায়াগোনাল রেখা অঙ্কন করতে হয়। এতে স্কেলের ১০ বা ১২টি সমান্তরাল রেখার প্রত্যেকটির ছেদক বিন্দুতে আরেকটি বিভক্ত রেখা উৎপন্ন হয়; ফলে এই অংশে ফুট, গজ, সেন্টিমিটার প্রভৃতির যথাক্রমে ১২, ৩, ১০ প্রভৃতির চেয়ে আরও ১০ গুণ করে বেশি ভগ্নাংশের ক্ষুদ্র পরিমাপ অঙ্কন করা সম্ভবপর হয়। ১.২০ চিত্রে একটি ডায়াগোনাল স্কেলের প্রথম ভাগ AB অংশের ১০টি ভাগ এবং দশমাংশের এক ভাগকে ডায়াগোনাল রেখা টেনে অতিরিক্ত ভগ্নাংশ পরিমাপ অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.২০ : একটি ডায়াগোনাল স্কেলে ভগ্নাংশ পরিমাপ অঙ্কন।

চিত্রানুযায়ী, মনে করি, AB এর দৈর্ঘ্য ০.১ ইঞ্চি, তাহলে ১´–১ রেখার দৈর্ঘ্য = ০.০১ ইঞ্চি, অর্থাৎ ০.১ ইঞ্চি ১ ইঞ্চির দশমাংশ এবং ০.০১ ইঞ্চি ১ ইঞ্চির শতাংশ। অতঃপর ৬´–৬ রেখার দৈর্ঘ্য = ০.০৬ ইঞ্চি, ৯´–৯ রেখার দৈর্ঘ্য = ০.০৯ ইঞ্চি। কর্ণ বা ডায়াগোনাল স্কেলে তাই পূর্ণ, দশমাংশ এবং শতাংশ এই তিন প্রকার মাপ পাওয়া সম্ভব হয়। উদাহরণস্বরূপ, চিত্রে এই স্কেল দ্বারা ০.৬৮´´ ইঞ্চি পরিমাপ গ্রহণ করা সম্ভব হয়েছে।

উদাহরণ-৩

এমন একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন কর, যাতে গজ, ফুট, এবং ইঞ্চি দেখিয়ে ১´´ = ১ গজ ধরতে হবে, যা থেকে ৬ গজ পর্যন্ত দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা সম্ভব হয় এবং এতে ৪ গজ ২ ফুট ৪ ইঞ্চি দৈর্ঘ্য দেখাতে হবে।

উত্তর : স্কেলটির R. F. $= \frac{\text{১ ইঞ্চি}}{\text{১ গজ}} = \frac{\text{১ ইঞ্চি}}{\text{৩৬ ইঞ্চি}} = \frac{১}{৩৬}$

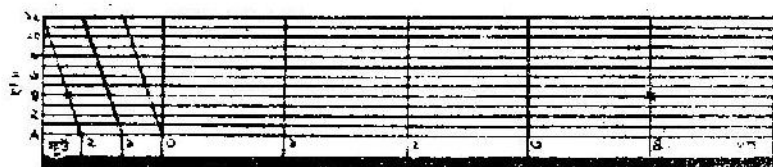
এখন R.F × সর্বাধিক দৈর্ঘ্য

$= \frac{১}{৩৬} \times$ ৬ গজ

$= \frac{১}{৩৬} \times ৬ \times ৩ \times ১২$

= ৬ ইঞ্চি

সুতরাং ৬ ইঞ্চি দীর্ঘ AB রেখা টানি এবং ইহা থেকে নীচের দিকে $\frac{১}{১৬}$ ইঞ্চি ও $\frac{১}{৪}$ ইঞ্চি রেখা টেনে নিচের রেখাদ্বয়কে কালো রং করে দেই। এরপর রেখার উপরে

১ ইঞ্চি উচ্চতার মধ্যে সমান্তরাল ১২টি রেখা টানি (যেহেতু ১২ ইঞ্চিতে ১ ফুট) এবং AB রেখাকে সামগ্রিকভাবে সমান ৬টি খণ্ডে বিভক্ত করি। এই প্রত্যেক ভাগকে যথাক্রমে ০,১,২,৩,৪ প্রভৃতি সংখ্যা দ্বারা চিহ্নিত করি। অতঃপর AO কে

চিত্র ১.২১ : একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন ও পরিমাপ প্রদর্শন।

১.২১ চিত্র অনুযায়ী সমান ৩ অংশে (যেহেতু ৩ ফুটে ১ গজ) বিভক্ত করি এবং ১,২ দ্বারা চিহ্নিত করি। এর পর স্কেলটির উপরের কর্ণ থেকে ফুটের ২ পর্যন্ত একটি কর্ণ টানি এবং তার পার্শ্বে একই সমান্তরালে ১,0 বিন্দু থেকে আরও ২টি কর্ণ টানি। এখন AB একটি কর্ণ বা ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কিত হলো।

এবার, প্রশ্নে উল্লেখিত ৪ গজ ২ ফুট ৫ ইঞ্চি পরিমাপ স্কেলে উল্লেখ করার জন্য স্কেলের গজ উল্লিখিত লাইনে একটি তারকা-চিহ্ন এবং ২ ফুট নির্দেশিত ডায়াগোনাল লাইন ধরে ইঞ্চি লাইনে ৫ ইঞ্চি বরাবর আরেকটি তারকা-চিহ্ন দেই।

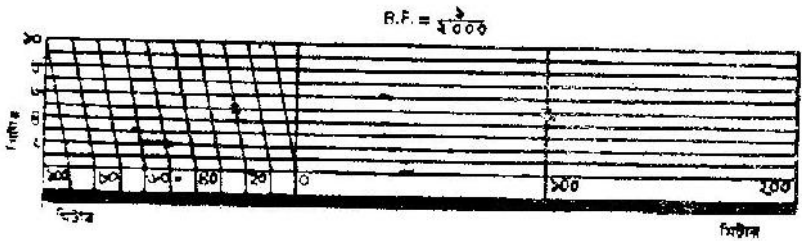
উদাহরণ-৪

এমন একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন কর, যার $R.F = \frac{১}{২০০০}$, যাতে ১ মিটার থেকে ৩০০ মিটার পর্যন্ত দূরত্ব দেখানো সম্ভব হয় এবং উক্ত স্কেলে ১১৫ মিটার দূরত্ব চিহ্নিত কর।

উত্তর : এখানে দেওয়া আছে, $R.F = \frac{১}{২০০০}$ সুতরাং এস্থলে অঙ্কনীয় স্কেলের দৈর্ঘ্য হবে $= R.F \times$ সর্বাধিক দৈর্ঘ্য $= \frac{১\times৩০০}{২০০০}$ মিটার

$= \frac{১\times৩০০\times১০০}{২০০০} =$ ১৫ সেন্টিমিটার।

সুতরাং এই তথ্যানুযায়ী একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন করতে হলে প্রথমে ১৫ সেন্টিমিটার লম্বা একটি AB রেখা টানি। উহাকে সমান ৩ অংশে বিভক্ত করি এবং

0, ১00, ২00 মিটার লিখে বিভক্ত অংশ চিহ্নিত করি। এখন, এই রেখার নিচের দিকে যথাক্রমে $\frac{1}{16}$ ইঞ্চি ও $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি দূরত্বে দুটি লাইন টেনে নিচের লাইনদ্বয়কে

চিত্র ১.২২ : একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন ও পরিমাপ চিহ্নিতকরণ।

কালো করে দেই। অতঃপর রেখাটির উপরের দিকে ১ ইঞ্চি উচ্চতার রেখা পর্যন্ত পরপর ১0টি রেখা টানি (সমান দূরত্বে) এবং AO রেখাংশকে সমান ১0 অংশে বিভক্ত করি। এখন এই ভগ্নাংশের প্রত্যেক ঘর ১0 মিটার নির্দেশিত হবে এবং এতে ২0, ৪0, ৬0, ৮0, ১00 সংখ্যা লিপিবদ্ধ করি।

এখন, স্কেলটির বামপার্শ্ব থেকে এই ক্ষুদ্রাংশসমূহের প্রত্যেক বিন্দুর উপর একই সমান্তরালে পরপর ১0টি কর্ণ বা ডায়াগোনাল রেখা টানি। এই রেখাসমূহ ১0 মিটারকে ১0টি ভাগে ভাগ করেছে।

তাহলে অঙ্কিত এই স্কেলই উদ্দিষ্ট ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কিত হলো। এখন উক্ত স্কেলে ১২৫ মিটার লিপিবদ্ধ করতে হলে O থেকে বামপার্শ্বে বড় দুই ঘর এসে ডায়াগোনাল রেখা ধরে উঠতে থাকি এবং সমান্তরাল রেখা ও ডায়াগোনাল রেখাদ্বয়ের ৫ম ছেদকে তারকা-চিহ্ন আঁকি এবং সেই বরাবর ১00 মিটারের খাড়া লাইনের ৫ম ছেদকে তারকা-চিহ্ন দেই।

নকশা (View)

অঙ্কন কাগজে কোন বস্তু অথবা যন্ত্রাদির চিত্রায়িত দৃশ্যকে নকশা বলে। কোন প্রাণী, গাছপালা প্রভৃতি কোন কাগজে অঙ্কন করলে অথবা ছবি তুললে সেটিকে দৃশ্য বলে। কিন্তু, উদ্দেশ্যমূলকভাবে কোন বস্তু, যন্ত্র, দালানকোঠা প্রভৃতি পরিমাপসহ যখন অঙ্কন কাগজে অঙ্কন করা হয়, তখন উহাকে নকশা বা কারিগরি অঙ্কন বলা হয়। দৃশ্যের নির্দিষ্ট পরিমাপ থাকতেও পারে, আবার

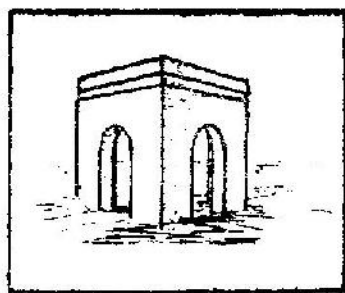
নাও থাকতে পারে; কিন্তু, নকশা অঙ্কনের অবশ্যই পরিমাপ থাকতে হবে; যা কার্যকরী দৃশ্য বা অঙ্কন হিসেবেও খ্যাত।

পিকটোরিয়াল অংকন (Pictorial drawing)

যখন কোন বস্তুর সামনে কৌণিকভাবে দাঁড়িয়ে বিভিন্ন উচ্চতা ও কোণ থেকে লক্ষ্য করলে উহার যে সকল নকশা বা দৃশ্য পরিলক্ষিত হয়, উহাকে পিকটোরিয়াল অঙ্কন বলা হয়। পিকটোরিয়াল অঙ্কনকে সাধারণত চারটি শ্রেণীতে ভাগে করা হয়, যেমন :

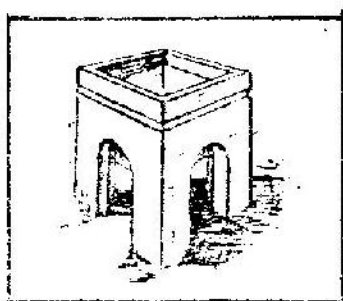
(ক) ভূমি থেকে পার্সপেকটিভ অঙ্কন (Perspective from ground),
(খ) উপর থেকে পার্সপেকটিভ অঙ্কন (Perspective from above),
(গ) আইসোমেট্রিক অঙ্কন (Isometric drawing),
(ঘ) অব্লিক অঙ্কন (Oblique drawing)।

এই সকল পিকটোরিয়াল অঙ্কন সম্বন্ধে নিম্নে বিস্তারিতভাবে বর্ণনা করা হয়েছে।

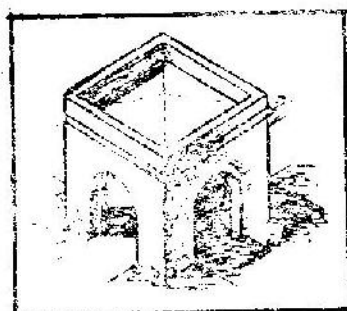
(ক) ভূমি থেকে পার্সপেকটিভ অঙ্কন : কোন একটি উঁচু বস্তুর সামনে দাঁড়িয়ে ভূমি থেকে উভয় দিকে কৌণিকভাবে তাকালে যে দৃশ্য বা নকশা পরিলক্ষিত হয়, উহাকেই "ভূমি থেকে পার্সপেকটিভ অঙ্কন" বলা হয়। এই নকশার বস্তুটির সামনের অংশটা অপেক্ষাকৃত বড় এবং উভয় পার্শ্বের কর্ণগুলি ছোট দেখা যায়।

চিত্র ১.২৩ : একটি দালানের ভূমি থেকে পার্সপেকটিভ নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

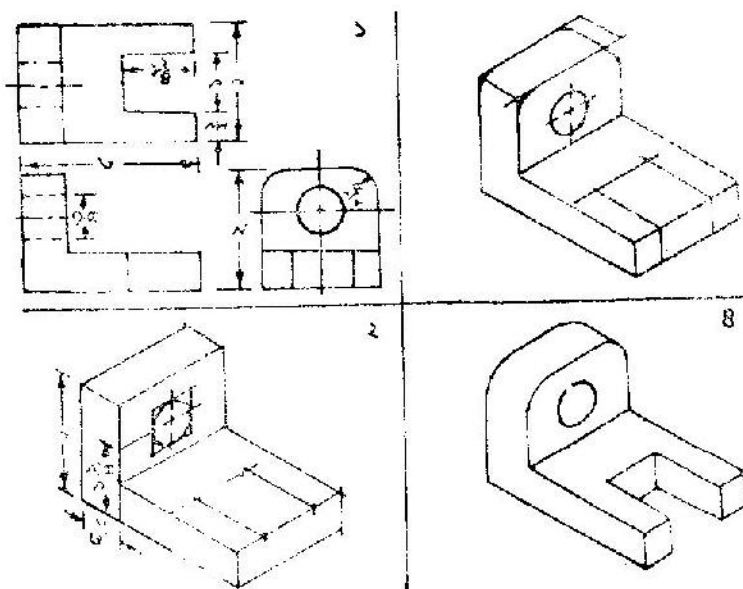
১.২৩ চিত্রে একটি দালানের ভূমি থেকে পার্সপেকটিভ নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। এই নকশাতে সামনের কর্ণটি বড় দেখা যায় বলে ইহার

বিপরীত দিকের কর্ণ দৃষ্টিগোচর হয় না, ফলে উহা অঙ্কনে উল্লেখ থাকে না, শুধুমাত্র তিনটি কর্ণই দেখা যায়।

(খ) উপর থেকে পার্সপেকটিভ অঙ্কন : ভূমির উপর থেকে কোন একটি বস্তুকে কৌণিকভাবে লক্ষ্য করলে যে দৃশ্য বা নকশা পরিলক্ষিত হয়, উহাকে "উপর থেকে পার্সপেকটিভ অঙ্কন" বলা হয়। এই অঙ্কনেও বস্তুর সামনের কর্ণটি অন্য কর্ণ অপেক্ষা বড় দেখায় এবং বিপরীত পার্শ্বের কর্ণটির উপরের অংশ দূরে

চিত্র ১.২৪ : ভূমির উপর থেকে একটি দালানের পার্সপেকটিভ অঙ্কন প্রক্রিয়া।

থাকে বলে আংশিক ছোট দেখায়। ১.২৪ চিত্রে ভূমির উপর থেকে একটি দালানের পার্সপেকটিভ অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। এই অঙ্কনে দালানটির উপর বা নিচের কর্ণের কোণের পরিমাপও ভিন্ন পরিমাপে পরিলক্ষিত হয়।

(গ) আইসোমেট্রিক অঙ্কন : কোন বস্তুর সামনের কোনায় দাঁড়িয়ে উভয় পার্শ্বে ৩০° বা ৪৫° কোণ উৎপন্ন করে তাকালে যে দৃশ্য পরিলক্ষিত হয়, সেই দৃশ্যের অঙ্কনকে আইসোমেট্রিক অঙ্কন বলা হয়। ইঞ্জিনিয়ারিং অঙ্কনের ক্ষেত্রে এইরূপ অঙ্কনের প্রয়োগ সর্বাধিক। কোন বস্তু সম্পর্কে প্রাথমিকভাবে বুঝাতে গেলে এই অঙ্কনের প্রয়োজন হয়। ১.২৫ চিত্রে একটি দালানের আইসোমেট্রিক অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। এই নকশায় বস্তুর প্রত্যেক পার্শ্বের পরিমাপে একটির সঙ্গে অপরটির মিল থাকে। তাতে উক্ত বস্তুর কৌণিক বা আইসোমেট্রিক নকশা অঙ্কন করতে খুব সুবিধা হয়।

চিত্র ১.২৫ : একটি দালানের আইসোমেট্রিক নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

এই নকশা অঙ্কন করতে ভূমির সঙ্গে একটি খাড়া রেখা বা লম্ব অঙ্কন করে, সেই ছেদক বিন্দু থেকে ৩০° বা ৪৫° কোণ করে হাল্কা বা প্রোজেকশন রেখা টানা হয়। অতঃপর লম্বটির বাম পার্শ্বে সম্মুখ ও ডান পার্শ্বে পার্শ্ব দিকটা রেখে বস্তুটির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতার পরিমাপ অনুযায়ী নকশাটির অঙ্কন কার্য সম্পাদন করা হয়।

চিত্র ১.২৬ : একটি বস্তুর তিনটি নকশা থেকে আইসোমেট্রিক নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

বস্তুর আইসোমেট্রিক নকশা সাধারণতঃ তিনটি বা চারটি পার্শ্ব নকশার সমন্বয়ে গঠিত হয়, যেমন :

(অ) উপরের নকশা বা প্ল্যান (Top view or plan),

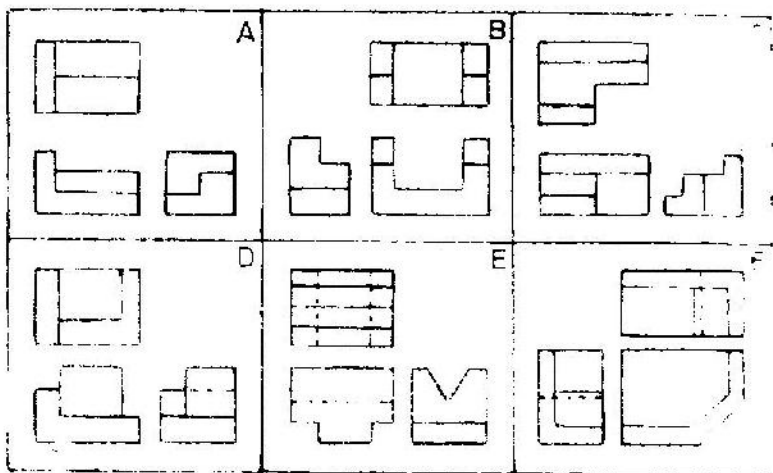
(আ) সামনের নকশা (Front view), এবং

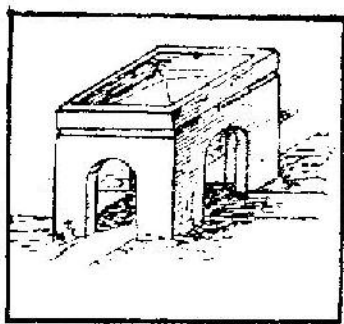
(ই) পার্শ্ব নকশা (Side view)।

বস্তুর পার্শ্ব নকশা বলতে সাধারণতঃ ডান পার্শ্বের নকশাকেই বুঝায়। সুতরাং একটি বস্তুর আইসোমেট্রিক নকশা থেকে উপরিউক্ত তিনটি নকশা উৎপন্ন হয় এবং এই তিনটি নকশা থেকে আইসোমেট্রিক নকশা উৎপন্ন হয়। ১.২৬ চিত্রে একটি বস্তুর তিনটি নকশা থেকে আইসোমেট্রিক নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো

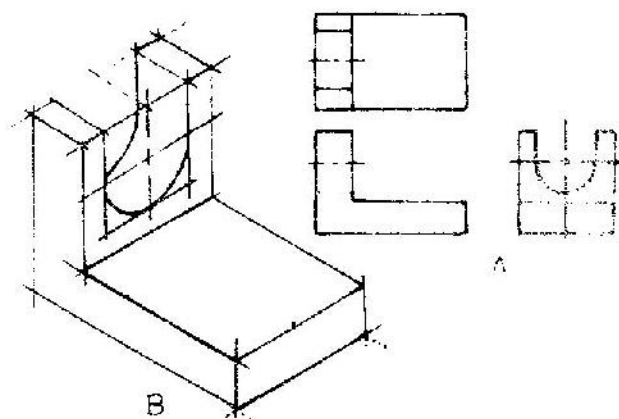
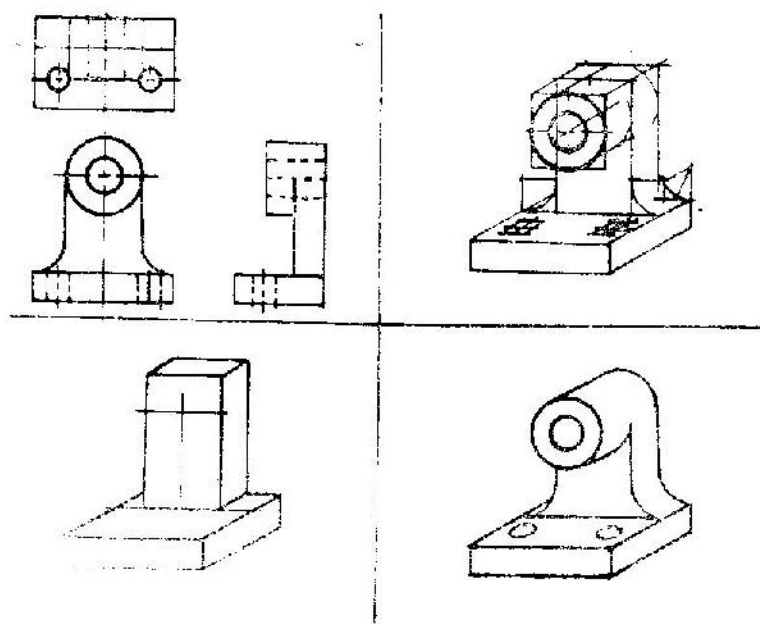
চিত্র ১.২৭ : একটি ইয়োক ব্র্যাকেটের আইসোমেট্রিক অঙ্কন থেকে তিনটি নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

হয়েছে। আবার ১.২৭ চিত্রে একটি বস্তুর আইসোমেট্রিক অঙ্কন থেকে তিনটি নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। তবে, এইরূপ যে নকশাই অঙ্কন করা হোক, মূল নকশাকে অনুসরণ করে প্রথমতঃ খালি হাতের সাহায্যে হাল্কাভাবে স্কেচ করা হয়। অতঃপর উহার উপর HB পেন্সিলের সাহায্যে অঙ্কন কার্য সমাধা করতে হয়। এই নকশাগুলি অঙ্কন করতে ক্ষেত্রবিশেষে নির্দিষ্ট পরিমাপ উল্লেখ করতে হয়।

১.২৮ চিত্রে পিকটোরিয়াল নকশা অঙ্কনের জন্য A, B, C, D, E, F, G-এ ছয়টি নকশার সেট (তিনটি করে প্রতিটি) দেয়া হলো ; উক্ত নকশা অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন ভাবে ছয়টি আইসোমেট্রিক বা পিকটোরিয়াল নকশা অঙ্কন করতে হবে। প্রয়োজনানুযায়ী উক্ত নকশাতে পরিমাপ উল্লেখ করেও পিকটোরিয়াল নকশা অঙ্কন করা হয়।

চিত্র ১.২৮ : ছয়টি পিকটোরিয়াল নকশা অঙ্কনের জন্য ছয় সেট অর্থোগ্রাফিক নকশা (তিনটি করে প্রতিটি)।

(ঘ) **অবলিক অঙ্কন :** এই অঙ্কনে বস্তুর সামনের নকশা বা দৃশ্য সমান্তরালিক বা খাড়াভাবে এবং উহার ডানদিকের পার্শ্বদেশ ৩০° বা ৪৫° কোণে অবস্থান

চিত্র ১.২৯ : একটি দালানের অবলিক নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

করে। ১.২৯ চিত্রে একটি দালানের অবলিক বা এক-কৌণিক নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। এই নকশাকে এক-কৌণিকভাবে দেখানো হয় বলে উহার উপরের অংশ দৃশ্যমান হয়, যার কৌণিক দূরত্বের পরিমাণ উভয় সাইডের জন্য ভিন্ন হয়।

এই অঙ্কন দেখতে অনেকটা আইসোমেট্রিক অঙ্কনের মতই। শুধু ব্যতিক্রম হলো, আইসোমেট্রিক অঙ্কনের উভয় দিকে কৌণিক দূরত্ব থাকে, কিন্তু অব্লিক

চিত্র ১.৩০ : একটি ইয়োক ব্র্যাকেটের অবলিক অঙ্কন ও উহার তিনটি নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

চিত্র ১.৩১ : একটি বিয়ারিং-এর তিনটি নকশা থেকে উহার অবলিক নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

অঙ্কনে একটিমাত্র কৌণিক দূরত্ব থাকে। অপরদিকে আইসোমেট্রিক অঙ্কনের তিনটি নকশার সঙ্গে অবলিক অঙ্কনের তিনটি নকশার পুরোপুরি মিল রয়েছে। ১.৩০ চিত্রে একটি বস্তুর (ইয়োক ব্র্যাকেট) অবলিক অঙ্কন ও উহার তিনটি নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। আইসোমেট্রিক অঙ্কনের মত এই অঙ্কনের তিনটি নকশা থেকে একটি অবলিক এবং অবলিক থেকে তিনটি নকশা অঙ্কন করা যায়। ক্ষেত্রবিশেষে তিনটি নকশা থেকে একটি অবলিক নকশা করতে জটিল নকশার ক্ষেত্রে খালিহাতে একাধিক নকশা অঙ্কন করার পর মূল নকশা প্রস্তুত করা হয়।

১.৩১ চিত্রে নির্দিষ্ট পরিমাপের তিনটি নকশা থেকে একটি অবলিক নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। অবলিক নকশায় গোলাকার অংশগুলি বেশিরভাগ ক্ষেত্রে ইলিপস বা উপবৃত্ত প্রকৃতির দেখা যায়।

প্রোজেকশন নকশা অঙ্কন (Projection drawing)

প্রোজেকশন বা হাল্কা রেখার সমন্বয়ে যে নকশা অঙ্কন করা হয়, উহাকে প্রোজেকশন নকশা বা প্রোজেকশন অঙ্কন বলে। ফটোগ্রাফ, পার্সপেকটিভ, আইসোমেট্রিক প্রভৃতি নকশায় বস্তুর সকল অংশের দাগ দৃশ্যমান হয় না। সেজন্য কোন বস্তু বা যন্ত্রাদির মূল আকৃতির সকল অংশ দেখার জন্য প্রোজেকশন অঙ্কনের প্রয়োজন হয়। যন্ত্রাদির প্রস্তুতকারকগণ এই নকশা অধিক হারে ব্যবহার করে থাকেন। সাধারণ ইঞ্জিনিয়ারিং অঙ্কনেও ইহার ব্যবহার অন্যান্য নকশা অপেক্ষা বেশি। তাই, শিল্প-কারখানাসমূহের যে প্রতিষ্ঠান যন্ত্রাদি প্রস্তুতের ক্ষেত্রে উহার প্রোজেকশন নকশাকে যতটুকু দাম দেয়, সেই প্রতিষ্ঠানের উন্নতি ততটুকুই সাধিত হয়।

কোন একটি নকশা থেকে অন্য একটি নকশা অঙ্কন করতে এবং উহার পরিমাপ দেখাতে প্রোজেকশন লাইন ব্যবহারের প্রয়োজন হয়। ১.৩২ চিত্রে প্রথম ও দ্বিতীয় বৃত্তের ব্যাসের পরিমাপ দেখানো হয়েছে। পূর্বেই বর্ণনা করা হয়েছে যে, কোন বস্তুকে হেলানো বা কৌণিকভাবে দেখালে উহার আকৃতি পুরোপুরি সেইরূপ আকৃতিতে দেখায় না। সেজন্য এই নকশার দ্বিতীয়টিতে প্রথমটির বৃত্তকে ইলিপ্স আকৃতিতে দেখানো হয়েছে, কিন্তু উহার দৈর্ঘ্য ঠিক আছে এবং ৩০° বা ৪৫° কোণ করে অঙ্কন করায় ইলিপ্স হেলানো অবস্থায় থাকে, ফলে উহার প্রস্থ দৈর্ঘ্যের চেয়ে কম দেখায়। প্রকৃতপক্ষে এই হেলানো প্রস্থের পরিমাণ বৃত্তের ব্যাস বা ইলিপ্সের দৈর্ঘ্যের সমান। ব্যবহারের প্রকৃতি-ভেদে প্রোজেকশন অঙ্কনকে প্রধানতঃ চারটি শ্রেণীতে ভাগে করা হয়, যেমন ;

(ক) অর্থোগ্রাফিক প্রোজেকশন (Orthographic projection)। ইহা আবার দুই প্রকার:

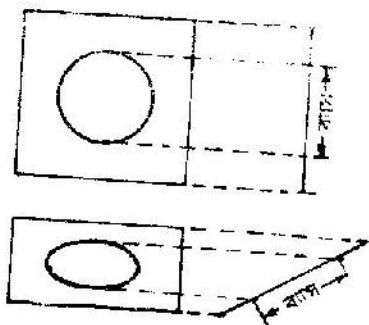
(অ) তৃতীয় কোণের প্রোজেকশন, ও

(আ) প্রথম কোণের প্রোজেকশন;

(খ) আইসোমেট্রিক প্রোজেকশন (Isometric projection),

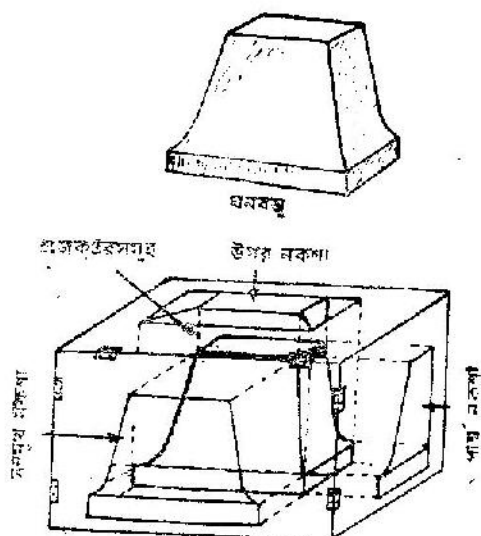
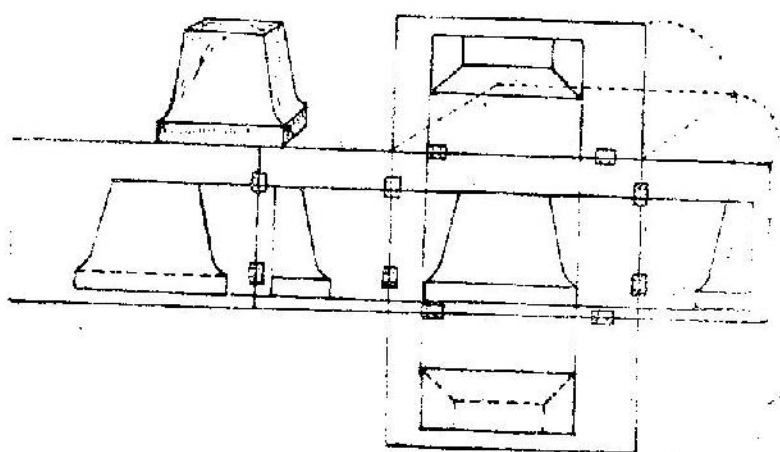
(গ) অবলিক প্রোজেকশন (Oblique projection),

(ঘ) অকজিলারী প্রোজেকশন (Auxiliary projection)।

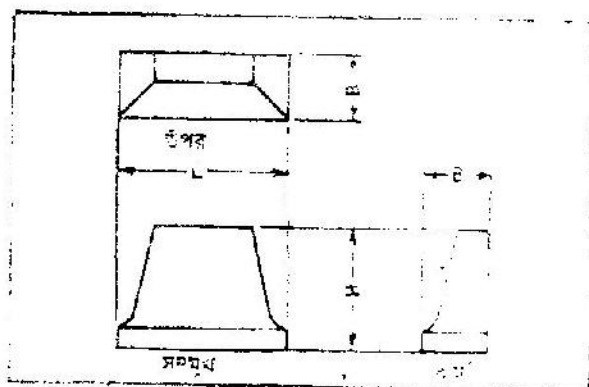
এই সকল প্রোজেকশন সম্বন্ধে নিম্নে বিস্তারিতভাবে বর্ণনা করা হয়েছে।

চিত্র ১-৩২ : প্রোজেকশন বা হালকা লাইনের মাধ্যমে বৃত্ত ও উপবৃত্ত অঙ্কনের পরিমাপ প্রদর্শন।

ক **অর্থোগ্রাফিক প্রোজেকশন :** ইংরেজি শব্দ 'Ortho' মানে সোজা বা সমকোণে এবং 'graphic' মানে লেখা বা আঁকা। প্রোজেকশন শব্দটি প্রাচীন গ্রীক শব্দ থেকে উদ্ভূত। এক্ষেত্রে 'pro' মানে সামনের দিকে এবং 'jaccre' অর্থ নিক্ষেপ করা বা এগিয়ে নেয়া। সেভাবে বলা যায় যে, অর্থোগ্রাফিক প্রোজেকশন বলতে সামনের দিকে নিক্ষেপ করে সমকোণে কিছু টানা বা অঙ্কন করা (thrown forward, drawn at right angle) বুঝায়।

সুতরাং, অর্থোগ্রাফিক প্রোজেকশন বলতে এমন এক প্রকার অঙ্কন পদ্ধতি বুঝায়, যার সাহায্যে কোন সরলরেখার উপর একটি বস্তুর প্রকৃত আকৃতি বা গঠনকে দুই বা ততোধিক সংখ্যক দৃশ্য বা নকশায় একটি অপরটির সঙ্গে সমকোণে অঙ্কন করে দেখানো যায়।

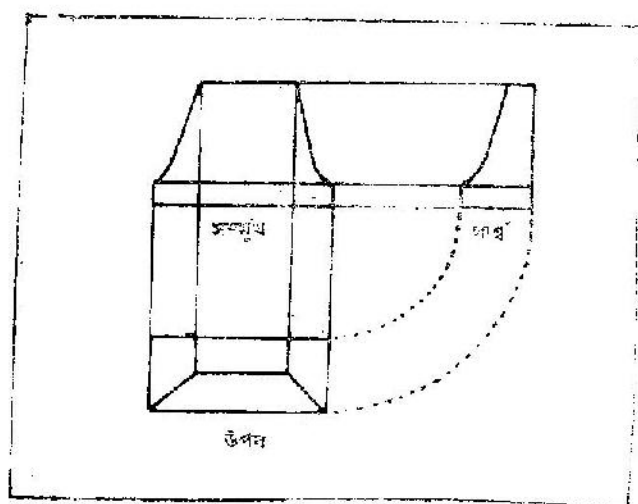
কোন একটি বস্তুর সম্পূর্ণ পরিমাপ ও আকৃতি বুঝাতে হলে উহার আইসো-মেট্রিক নকশার পাশে সেই বস্তুটির উপরের (top-view), সামনের (front-view) এবং ডান পার্শ্বের নকশা (right-side view) অঙ্কন করলেই চলে। কারণ,

চিত্র ১.৩৩ : একটি ঘনবস্তুর আইসোমেট্রিক এবং অর্থোগ্রাফিক প্রোজেকশন নকশা।

চিত্র ১.৩৪ : একটি ঘনবস্তুর ছয়টি তলের অর্থোগ্রাফিক নকশা।

উহার উপর-নিচ, সম্মুখ-পিছন, ডান-বাম প্রভৃতির নকশায় মিল থাকে। কিন্তু বস্তুটির (ঘন) ছয়টি পার্শ্ব বিস্তার করলে উহার সকল পার্শ্বের আকৃতি ও পরিমাপ জানতে পারি। ১.৩৩ চিত্রে একটি ঘনবস্তুর আইসোমেট্রিক নকশা এবং উহার নিচে অর্থোগ্রাফিক নকশার দৃশ্য প্রোজেকশন রেখা টেনে দেখানো হয়েছে। আইসোমেট্রিক এবং অর্থোগ্রাফিক নকশাতেই উপর-সম্মুখ ও ডান পার্শ্বের অংশটা দেখানো হয়েছে। তবে, ১.৩৪ চিত্রে ঘনবস্তুর ছয়টি তলই দেখা যাচ্ছে। চিত্রে বস্তুর তলগুলিকে একটি বাক্সের ছয়টি তলের উপরিভাগে কব্জাকৃত এবং বাক্সটি খোলা অবস্থায় দেখানো হয়েছে। ইহাতে বস্তুটির উপর (top), সম্মুখ (front), নীচ (bottom), ডান পার্শ্ব (right side), বাম পার্শ্ব (left side), পিছন দিকের (back side)-এর দৃশ্য বা নকশাসমূহ দৃশ্যমান হয়েছে।

কিন্তু কোন বস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কন করতে আইসোমেট্রিক নকশা বাদে উহার শুধুমাত্র উপর, সম্মুখ ও পার্শ্ব নকশা (ডান পার্শ্ব) অঙ্কন করলেই

চিত্র ১.৩৫ : অর্থোগ্রাফিক নকশায় একটি বস্তুর উপর, সম্মুখ ও পার্শ্ব নকশা (তৃতীয় কোণের প্রোজেকশান পদ্ধতি)।

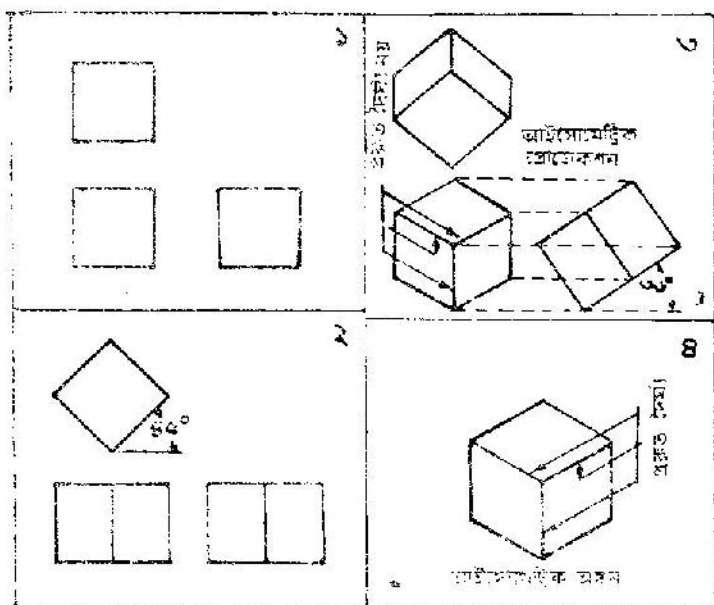
চলে। ১.৩৫ চিত্রে প্রোজেকশন রেখার মাধ্যমে অঙ্কিত একটি বস্তুর তিনটি দৃশ্যবিশিষ্ট অর্থোগ্রাফিক নকশা দেখানো হয়েছে। পূর্বেই দেখানো হয়েছে যে, অঙ্কনের প্রকৃতিভেদে অর্থোগ্রাফিক নকশাকে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়।

(অ) **তৃতীয় কোণের প্রোজেকশন (Third angle projection) :** এই প্রোজেকশনে বস্তুর উপরের নকশা উপরে, সম্মুখ নকশা সামনে এবং পার্শ্ব নকশা ডান পার্শ্বে দেখানো হয়। ১.৩৫ চিত্রে একটি বস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশায় তৃতীয় কোণের প্রোজেকশন প্রক্রিয়ায় উহার উপর, সম্মুখ ও পার্শ্ব নকশা দেখানো হয়েছে। ইঞ্জিনিয়ারিং নকশায় তৃতীয় কোণের প্রোজেকশনের ব্যবহার সর্বাধিক।

(আ) **প্রথম কোণের প্রোজেকশন (First angle projection) :** এই প্রোজেকশনে বস্তুর উপরের নকশা সামনে, সামনের নকশা উপরে এবং পার্শ্ব নকশা

চিত্র ১.৩৬ : অর্থোগ্রাফিক নকশায় একটি বস্তুর সম্মুখ, উপর ও পার্শ্ব নকশা (প্রথম কোণের প্রোজেকশন পদ্ধতিতে)।

সম্মুখ নকশার পার্শ্বে অঙ্কন করা হয়। ইঞ্জিনিয়ারিং অঙ্কনে প্রথম কোণের প্রোজেকশনের প্রচলন একেবারে নেই বললেই চলে। ১.৩৬ চিত্রে প্রথম কোণের প্রোজেকশন পদ্ধতিতে অঙ্কিত একটি বস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা দেখানো হয়েছে।

খ) **আইসোমেট্রিক প্রোজেকশন :** কোন একটি ঘনবস্তুকে যখন বিভিন্ন কৌণিকভাবে রেখে প্রোজেকশন লাইনের মাধ্যমে সাধারণত ৩৫° ১৬' কোণে দুই অথবা

তিনটি নকশা অঙ্কন করা হয়, উহাকে আইসোমেট্রিক প্রোজেকশন বলে। আইসোমেট্রিক নকশায় মূল বস্তুর পরিমাপ সঠিকভাবে দৃশ্যমান হয়, কিন্তু আইসোমেট্রিক প্রোজেকশনে বস্তুর পরিমাপ সঠিক দেখা যায় না। ১.৩৭ চিত্রে আইসোমেট্রিক ঘনবস্তুর বিভিন্ন অবস্থার নকশা, বিশেষ করে আইসোমেট্রিক প্রোজেকশনের সঙ্গে উহার অন্যান্য নকশার তুলনা, দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.৩৭ : একটি আইসোমেট্রিক ঘনবস্তুর আইসোমেট্রিক প্রোজেকশনের সঙ্গে অন্যান্য নকশার তুলনা।

উক্ত চিত্রের ১ নম্বর স্থানে আইসোমেট্রিক ঘনবস্তুটির স্বাভাবিক অবস্থায় অঙ্কিত উপর, সম্মুখ ও পার্শ্বদেশের মোট তিনটি নকশা; ২ নম্বর স্থানে ঘনবস্তুটি খাড়া অক্ষে (vertical axis) দণ্ডায়মান অবস্থার তিনটি নকশা; ৩ নম্বর স্থানে ঘনবস্তুটির আটটি কোণার এক কোণা সামনের দিকে কাত বা হেলানো অবস্থার (৩৫°১৬′) তিনটি নকশা এবং ৪ নম্বর স্থানে বস্তুটির ৩০° কোণে অবস্থানের কৌণিক বা আইসোমেট্রিক নকশা প্রদর্শন করা হয়েছে। তবে

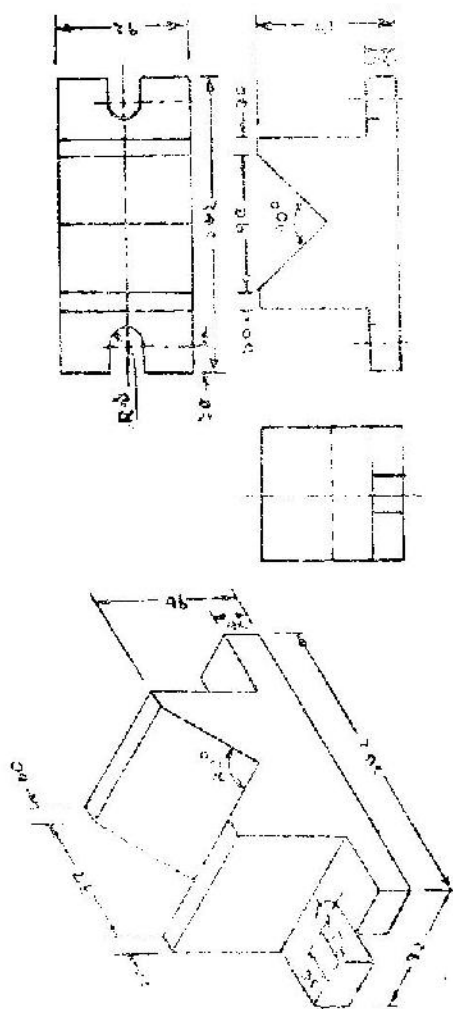
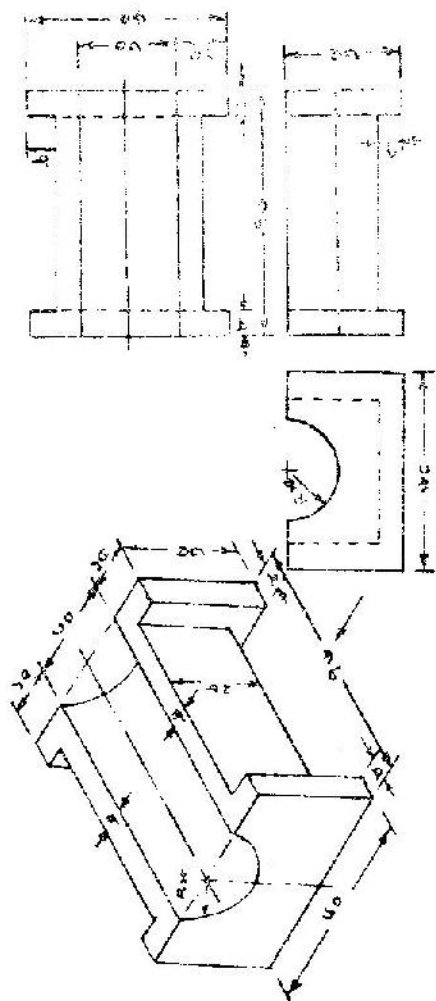
এগুলির মধ্যে ৩ নম্বর স্থানের সামনের নকশাকে আইসোমেট্রিক প্রোজেকশন বলা হয়। এই প্রোজেকশনের উপরের নকশায় (top-view) বস্তুটিকে একটি কোনায় দণ্ডায়মান অবস্থায় কাত করে দেখানো হয় বলে প্রোজেকশনের কোন নকশাতেই বস্তুটির প্রকৃত পরিমাপ পাওয়া যায় না, বরং উহাতে অপেক্ষাকৃত বড় বা ছোট পরিমাপ দেখা যায়। কারণ, আইসোমেট্রিক প্রোজেকশনের উপর ও পার্শ্ব দেশের নকশা ভুমির সঙ্গে ৪৫° বা ৩৫° ১৬' এর কম কোণে অঙ্কন করা হয় না। কিন্তু আইসোমেট্রিক নকশা অঙ্কন করতে ভুমির সঙ্গে সাধারণত ৩০° কোণ ব্যবহার করা হয়, ফলে বস্তুটির প্রত্যেক কর্ণে ৩০° + ৩০° = ৬০° বাদ দিয়ে ১২০° কোণ বজায় থাকে, তাই প্রসারিত ক্ষেত্রে সঠিক পরিমাপ দেখানো যায়। আইসোমেট্রিক প্রোজেকশনের বেলায় ৪৫° + ৪৫° = ৯০° বাদ দিয়ে বস্তুটির কর্ণের পরিমাপ থাকে ৯০°, তাই উহার সঙ্কুচিত ক্ষেত্রে প্রকৃত পরিমাপ দেখানো সম্ভব হয় না।

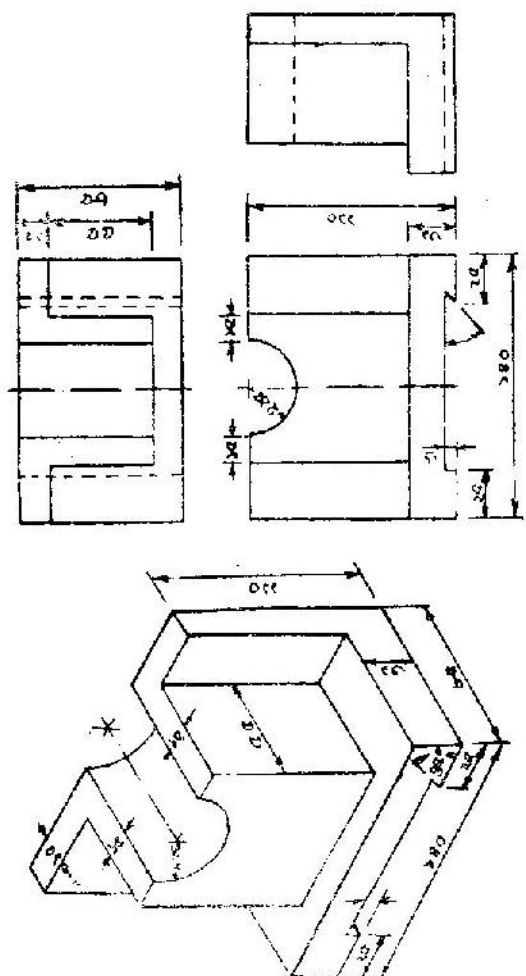
সেজন্য আইসোমেট্রিক প্রোজেকশন থেকে কোন বস্তুর পরিমাপ নিয়ে উহার পিকটোরিয়াল নকশা অঙ্কন করা হয় না এবং উহা অঙ্কন করার সর্বক্ষেত্রে আইসোমেট্রিক নকশা ও উহার পরিমাপ অনুসরণ করা হয়। কারণ, আইসোমেট্রিক নকশার দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও উচ্চতার পরিমাপ, বস্তুটির প্রকৃত পরিমাপের সমান হয়; যদিও আইসোমেট্রিক নকশা কৌণিকভাবে অঙ্কন করা হয়।

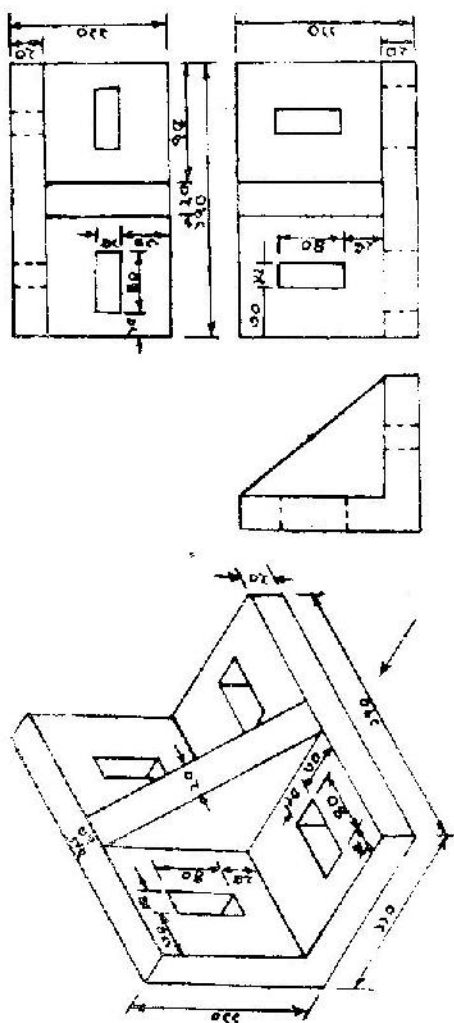
ঘন বস্তুর আইসোমেট্রিক নকশা থেকে অর্থোগ্রাফিক নকশা অংকনের উদাহরণ (তৃতীয় কোণ পদ্ধতিতে)

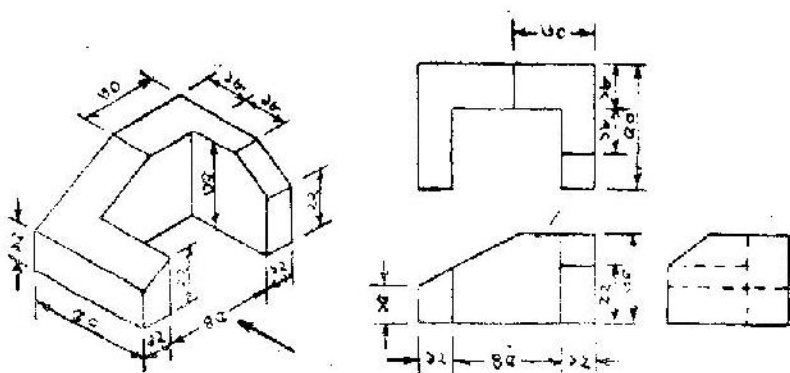
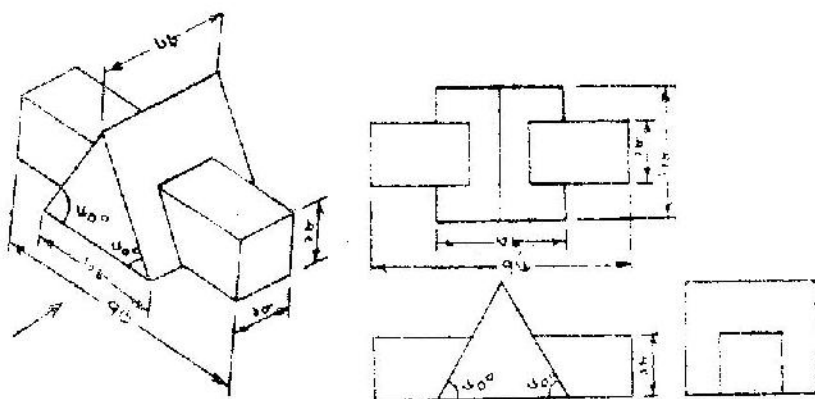
পূর্বেই আলোচনা করা হয়েছে যে, কোন বস্তুর আইসোমেট্রিক নকশা থেকে প্রথম কোণ পদ্ধতি (First angle method) অথবা তৃতীয় কোণ পদ্ধতিতে (Third angle method) বস্তুটির অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কন করা হয়। আমাদের দেশে প্রথম কোণ পদ্ধতিতে নকশা অঙ্কনের প্রচলন নেই; তাই, ১.৩৮ থেকে ১.৪৫ চিত্রসমূহে তৃতীয় কোণ পদ্ধতিতে অঙ্কিত কিছু অর্থোগ্রাফিক নকশার উদাহরণ দেখানো হয়েছে। এতে উপরের দিকে উপর (top), নিচে, সম্মুখ (front এবং পার্শ্বে পার্শ্ব দেশ (side) নকশা অবস্থান করে।

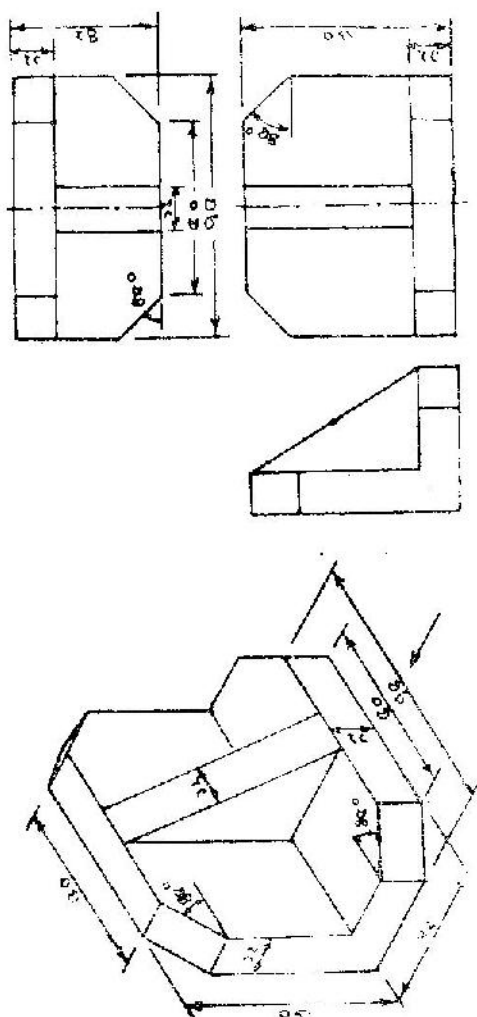
উদাহরণ—২

চিত্র ১.৩৮ : একটি 'V-ব্লক বেস'-এর অর্থোগ্রাফিক সজ্জা।

উদাহরণ—২

চিত্র ১.৩৬ : একটি 'আনুভূমিক গাইড'-এর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

উদাহরণ—৩

চিত্র ১.৪০ : একটি 'গাইড'-এর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

উদাহরণ—৪

চিত্র ১.৪১ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

উদাহরণ—৫ চিত্র ১.৪২ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

উদাহরণ—৬ চিত্র ১.৪৩ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

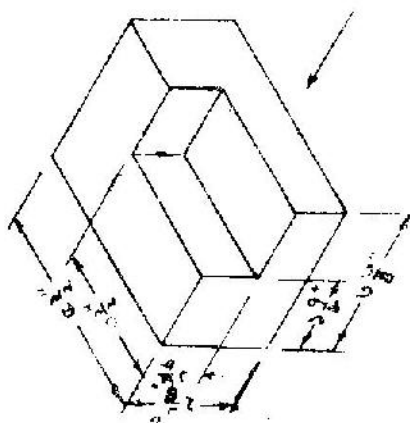
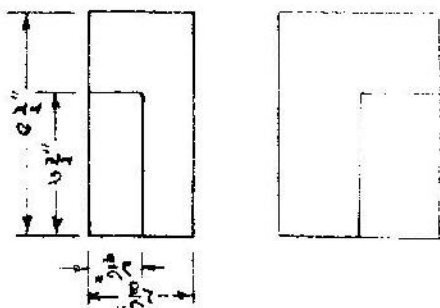
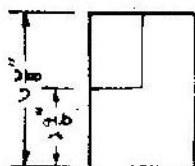
উদাহরণ—৭ চিত্র ১.৪৪ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

উদাহরণ—৮

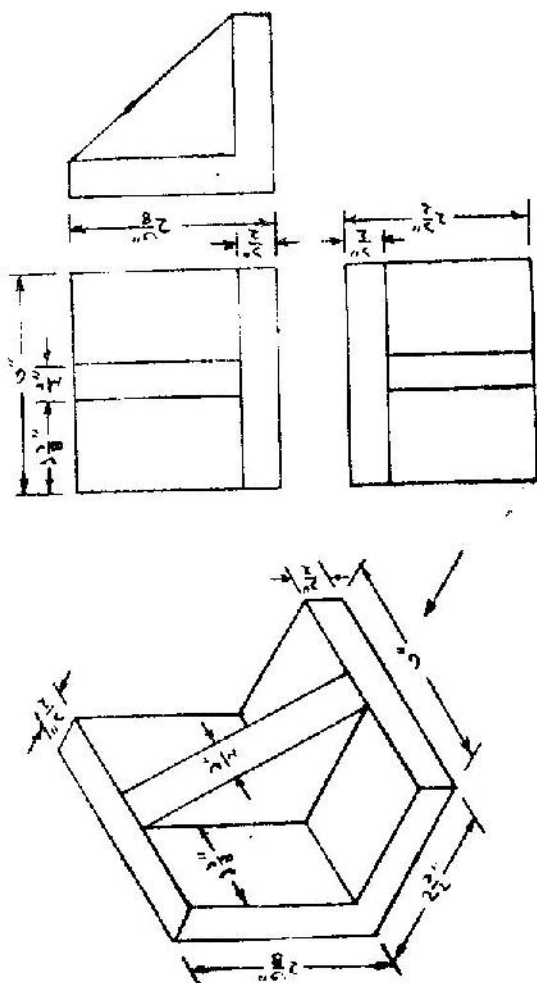
চিত্র ১.৪৫ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

ঘনবস্তুর আইসোমেট্রিক নকশা থেকে অর্থোগ্রাফিক নকশা অংকনের উদাহরণ (প্রথম কোণ পদ্ধতিতে)

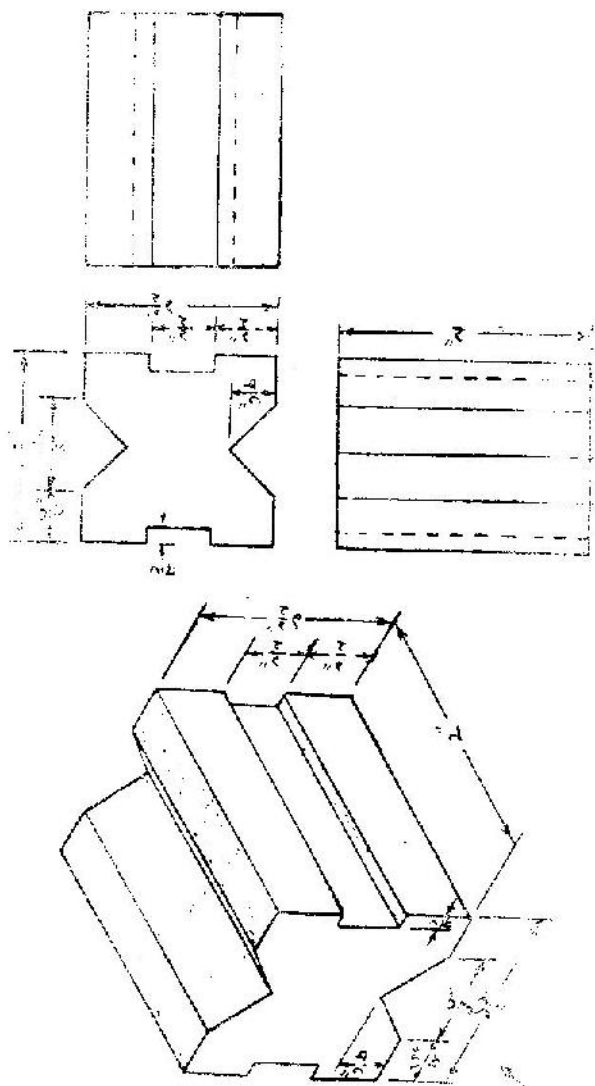
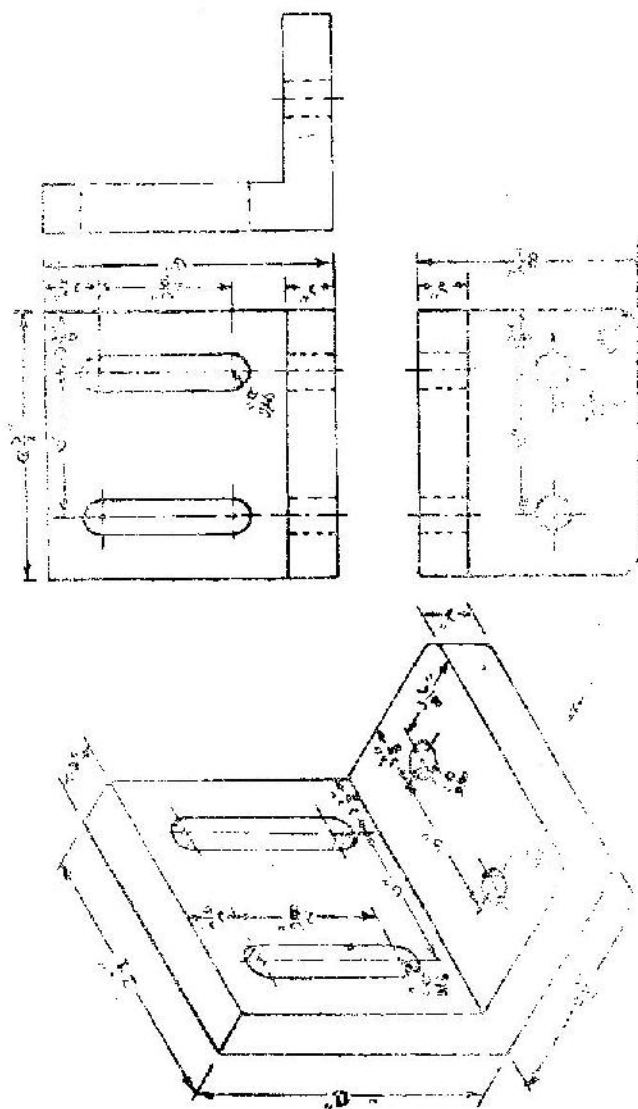
যদিও আমাদের দেশে কোন বস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কন করতে সাধারণত প্রথম কোণ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয় না, তবুও শিক্ষার্থীদের জানার জন্য

প্রথম কোণ পদ্ধতিতে (first angle method) অঙ্কিত কিছু অর্থোগ্রাফিক নকশার উদাহরণ দেখানো হলো। এতে উপরে সম্মুখ (front), নিচে উপর (top) এবং পার্শ্বে পার্শ্ব (side) নকশা অবস্থান করে।

উদাহরণ—১

চিত্র ১.৪৬ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

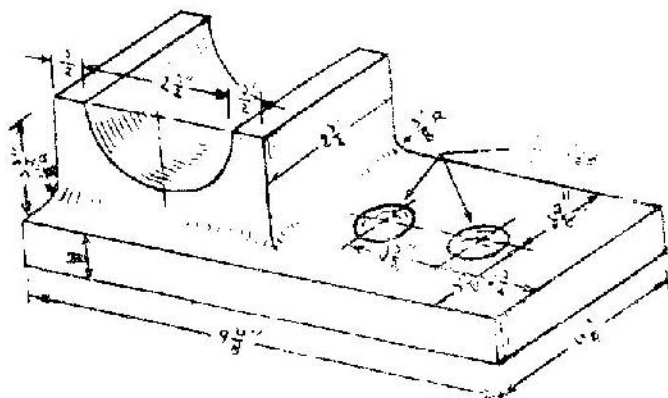
উদাহরণ—২

চিত্র ১.৪৭ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

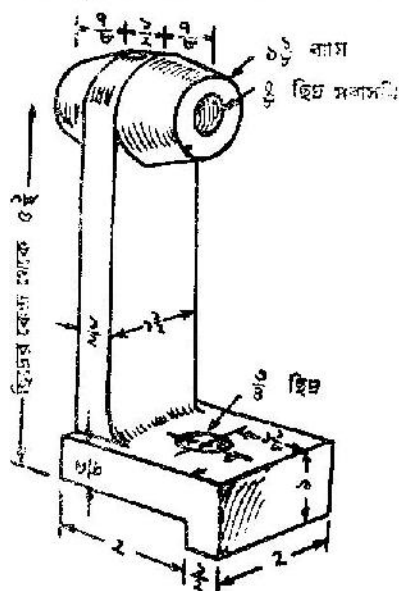
উদাহরণ—৩

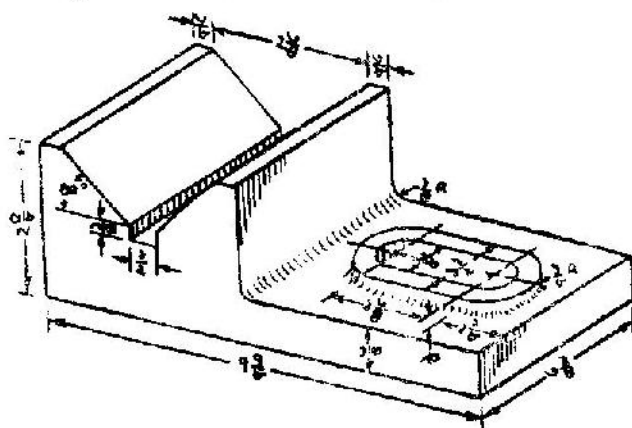
চিত্র ১.৪৮ : একটি ঘনবস্তু (V-ব্লক)-এর অর্থোগ্রাফিক নকশা।

উদাহরণ—৪

চিত্র ১.৪৯ : একটি ঘনবস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা

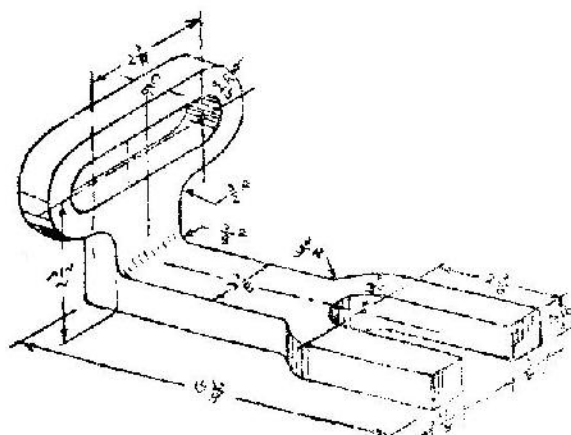
ঘন বস্তুর অর্থোগ্রাফিক নকশা অংকনের প্রশ্নাবলী

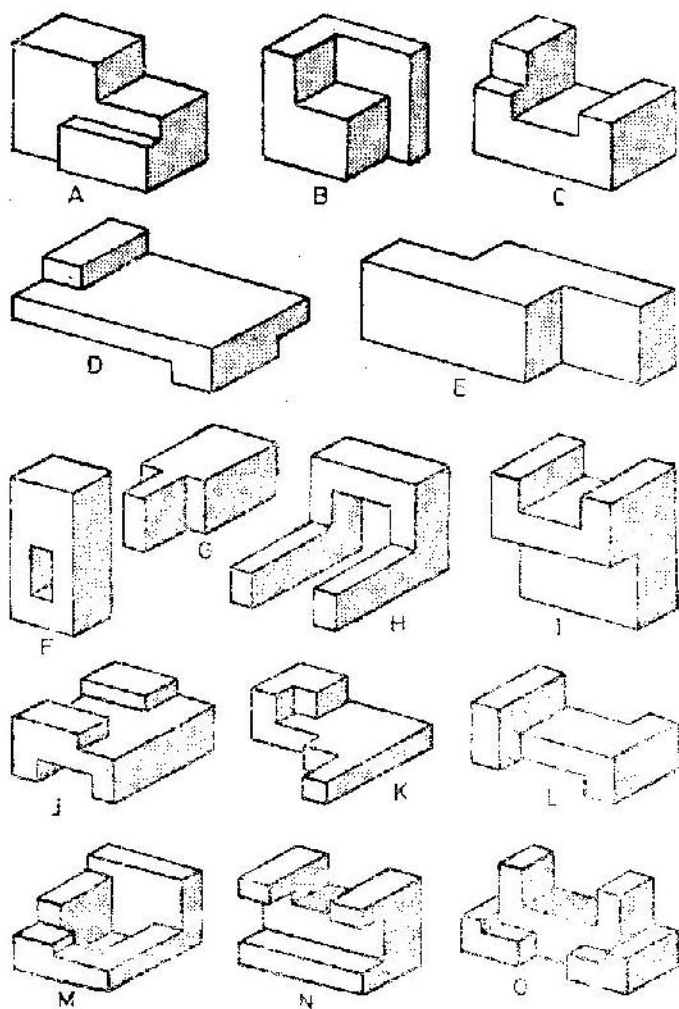
নিচে বেশ কিছু ঘনবস্তুর আইসোমেট্রিক নকশা দেওয়া আছে। উহা থেকে বস্তুটির তৃতীয় কোণ পদ্ধতি (Third angle method) অবলম্বন করে দুই অথবা তিনটি নকশা (উপর, সম্মুখ ও পার্শ্ব নকশা) অঙ্কন করতে হবে।

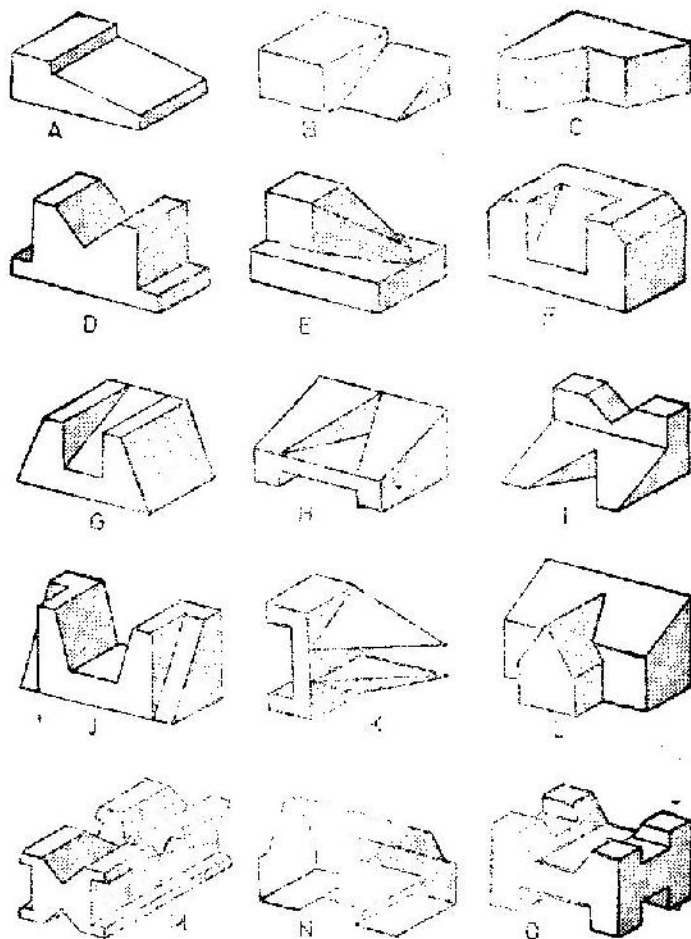
প্রশ্ন : আনুভূমিক গাইডের তিনটি নকশা অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৫০ : আনুভূমিক গাইড।

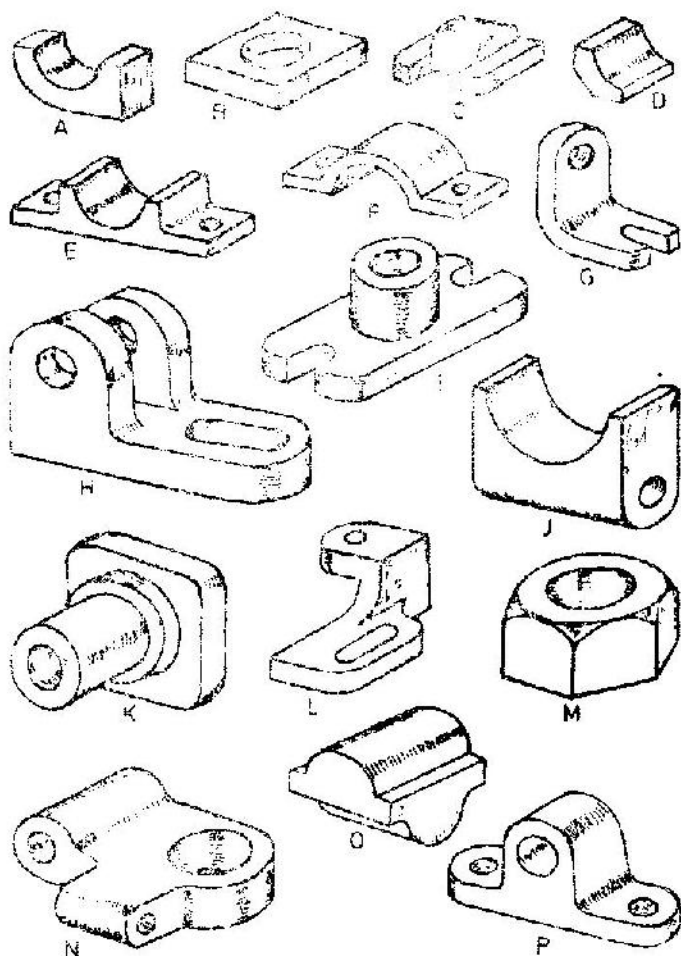
প্রশ্ন : একটি বিয়ারিং-এর সম্মুখ ও পার্শ্ব নকশা অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৫১ : বিয়ারিং।

প্রশ্ন : একটি V-ব্লক বেস-এর তিনটি নকশা অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৫২ : V-ব্লক বেস।

প্রশ্ন : একটি সঠিককরণ ফর্ক এর তিনটি নকশা অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৫৩ : সঠিককরণ (অ্যাডজাস্টাবল) ফর্ক।

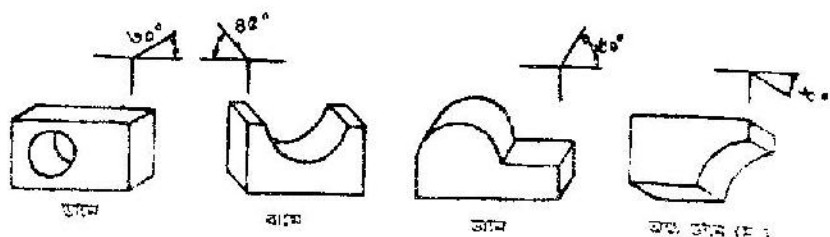
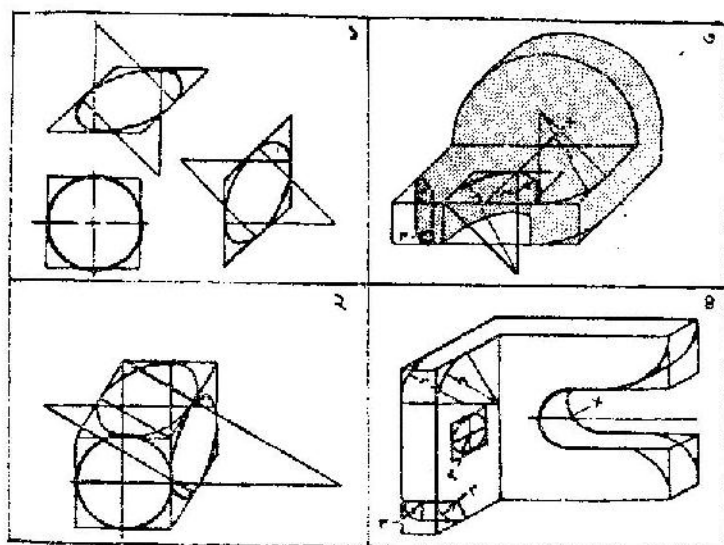
প্রশ্ন : প্রতিটি ব্লক-এর আইসোমেট্রিক নকশা থেকে অর্থোগ্রাফিক নকশা (তিনটি করে নকশা) অঙ্কন করতে হবে। পরিমাপবিহীন নকশাগুলি খালি হাতে অঙ্কনের জন্য।

চিত্র ১.৩৪ : খালি হাতে অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কনের জন্য বিভিন্ন ব্লকের আইসোমেট্রিক নকশা।

প্রশ্ন : প্রতিটি ব্লক-এর আইসোমেট্রিক নকশা থেকে অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৫৫ : খালি হাতে অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কনের জন্য বিভিন্ন ব্লকের আইসোমেট্রিক নকশা।

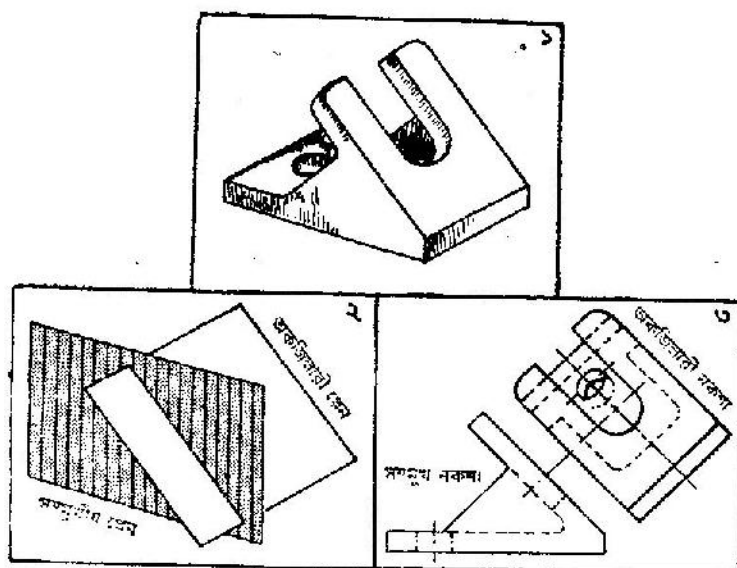
প্রশ্ন : প্রতিটি ব্লক-এর আইসোমেট্রিক নকশা থেকে অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৫৬ : খালি হাতে অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কনের জন্য বিভিন্ন ব্লকের আইসোমেট্রিক নকশা।

(গ) **অবলিক প্রোজেকশন :** প্রোজেকশন রেখার সমন্বয়ে অবলিক প্রোজেকশন বা অবলিক অঙ্কনের অক্ষ প্রস্তুত হয় এবং এই অবলিক প্রোজেকশন বা অক্ষের সমন্বয়ে অবলিক অঙ্কন তৈরি হয়। অবলিক প্রোজেকশন বা অক্ষ প্রস্তুত করতে দুটি

সমকোণের রেখা এবং যে কোন কোণের (স্বভাবত ৩০°, ৪৫° ও ৬০°) একটি রেখা ব্যবহৃত হয়। সমকোণের একটি রেখা খাড়া ও একটি ভূমি-সমান্তরাল থাকে এবং একটি বিন্দুতে এক সমকোণ উৎপন্ন করে। আইসোমেট্রিক অঙ্কনের ক্ষেত্রেও তিনটি অক্ষ ব্যবহৃত হয়, কিন্তু উহার একটি রেখা খাড়া এবং অপর দুটি রেখা ৩০° অথবা ৪৫° কোণে অবস্থান করে।

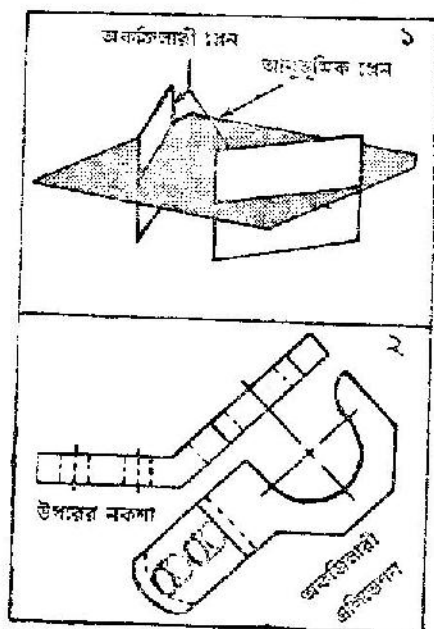
অবলিক অঙ্কনের সম্মুখ নকশাটি ভূমি-সমান্তরাল থাকে এবং অপরাপর পার্শ্ব-ভূমি কৌণিকভাবে অবস্থান করে। ১.৫৭ চিত্রে অবলিক অঙ্কনে ব্যবহৃত অবলিক

চিত্র ১.৫৭ : অবলিক অঙ্কনে ব্যবহৃত অবলিক প্রোজেকশন বা অক্ষ।

চিত্র ১.৫৮ : অবলিক প্রোজেকশনের বৃত্ত অঙ্কন ও ব্যবহার প্রক্রিয়া।

প্রোজেকশন বা অঙ্ক দেখানো হয়েছে। চিত্রে অবলিক অঙ্কনের কৌণিক প্রোজেকশন বা অঙ্কটিকে ডান, বাম, আবার ডান ও ডানের দিকে উল্টানো অবস্থা দেখানো হয়েছে। আইসোমেট্রিক অঙ্কনে যে রকম বৃত্ত ব্যবহৃত হয়, অবলিক অঙ্কনের বৃত্ত ক্ষেত্রবিশেষে কিছুটা ভিন্নতর হয়, যেহেতু অবলিক ও আইসোমেট্রিক অঙ্কনের কোণের পরিমাণ এক থাকে না। ১.৫৮ চিত্রে অবলিক প্রোজেকশনের বৃত্ত অঙ্কন ও ব্যবহার প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

(ঘ) অকজিলারী প্রোজেকশন : অকজিলারী প্রোজেকশন বলতে এমন এক প্রকার নকশা বুঝায়, যা প্রোজেকশন প্লেনের উপর এবং ঢালু ক্ষেত্রের সমান্তরালে অঙ্কিত হয়। ইতিপূর্বে নকশাসমূহে তিনটি নিয়মিত প্লেন (regular plane) ব্যবহার করা হয়েছে যেমন—উপর বা সমান্তরাল প্লেন (top or horizontal plane), সম্মুখ বা সামনের প্লেন (frontal plane) এবং পার্শ্ব বা প্রোফাইল প্লেন (side or profile plane) প্রভৃতি। কিন্তু অকজিলারী প্রোজেকশন বা অকজিলারী নকশার ক্ষেত্রে সম্মুখ প্লেন ও অকজিলারী প্লেন ব্যবহৃত হয় এবং ইহাতে উপর ও পার্শ্বদেশের প্লেন ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না। ১.৫৯ চিত্রে

চিত্র ১.৫৯ : একটি অ্যাংকর-এর অকজিলারী-নকশা।

একটি অ্যাংকরের (Anchor) আইসোমেট্রিক নকশা, সম্মুখ ও অকজিলারী প্লেন এবং সম্মুখ ও অকজিলারী নকশা দেখানো হয়েছে।

এখানে সম্মুখ ও অকজিলারী প্লেন তুলনা করলে দেখা যায় যে, কোন বস্তুকে ঘুরিয়ে কৌণিক অবস্থায় উপরের অংশটা সামনে আনলে উহার অকজিলারী নকশা পরিলক্ষিত হয়। এতে বস্তুর কৌণিক নকশাতেও উহার উপরের দিকে কি কি অংশ আছে, তা দৃশ্যমান হয়। বস্তুর ঘূর্ণায়মান অক্ষ ঠিক থাকে বলে এই নকশার রেখাগুলির সঙ্গে সম্মুখ নকশাসমূহের মিল থাকে, যেহেতু সম্মুখ নকশার ঢালু রেখার সমান্তরালে অকজিলারী নকশা উৎপন্ন হয়।

যে সকল নকশা কৌণিক অবস্থায় অবস্থান করে এবং উহার পরিমাপগুলি সঠিকভাবে দেখা যায় না, অকজিলারী নকশা এই ক্ষেত্রে সেই কৌণিক অংশটুকু পরিমাপসহকারে সামনে এনে দেখতে সহায়তা করে। সুতরাং অকজিলারী ভিউ বা নকশা বলতে এমন এক প্রকার প্রোজেকশন নকশা বুঝায়, যা ঢালু তলের সমান্তরাল অকজিলারী প্লেনের উপর অঙ্কিত হয়। উহা ঢালু তলের সঙ্গে সরাসরি উলম্বভাবে পরিলক্ষিত হয়। কোন মুখাবয়ব (feature) বা কোন বস্তুকে

চিত্র ১.৩৩ : সমান্তরাল প্লেনে খাড়াভাবে এলিভেশন অকজিলারী নকশা উৎপন্ন হয়।

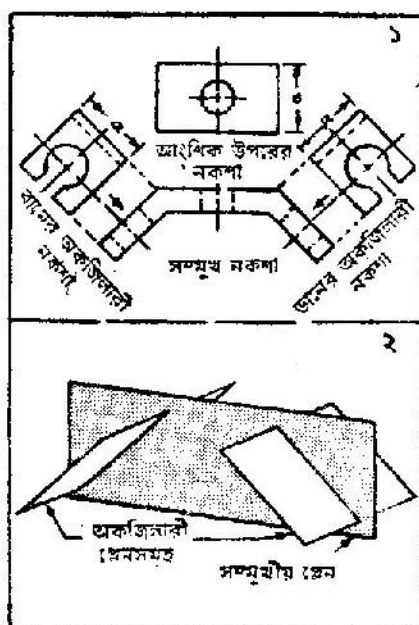
কৌণিকভাবে অসম সীমারেখা দ্বারা অঙ্কন করে অকজিলারী নকশা প্রদর্শন করা হয়। উক্ত বস্তু বা মুখাবয়বের প্রকৃত পরিমাপ গ্রহণ করতেও অকজিলারী নকশার প্রয়োজন হয়।

অকজিলারী নকশাকে সাধারণত তিন ভাগে বিভক্ত করা হয়, যেমন :

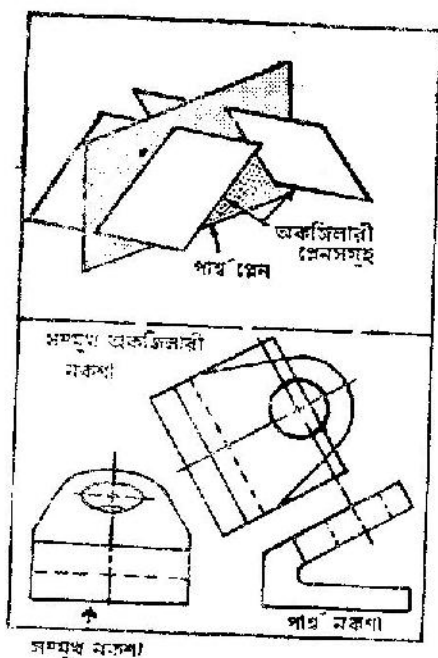
(অ) এলিভেশন অকজিলারী নকশা (Elevation auxiliary view),

(আ) বাম ও ডাইনের অকজিলারী নকশা (Left or right auxiliary view), এবং

(ই) সম্মুখ ও পিছনের অকজিলারী নকশা (Front and rear auxiliary view)।

(অ) এলিভেশন অকজিলারী নকশা ; ইহা সমান্তরাল প্লেনের সঙ্গে খাড়াভাবে উৎপন্ন হয়। ১.৬০ চিত্রে এই নকশার অকজিলারী প্লেনদ্বয়কে সমান্তরাল প্লেনের সঙ্গে খাড়া অবস্থায় (উপরে) এবং কৌণিক আংটার (angular hook)

চিত্র ১.৬১ : একটি বস্তুর বাম ও ডানের অকজিলারী নকশা।

উপর বা টপ ভিউয়ের অকজিলারী প্লেনে অকজিলারী এলিভেশন (নিচে) দেখানো হয়েছে।

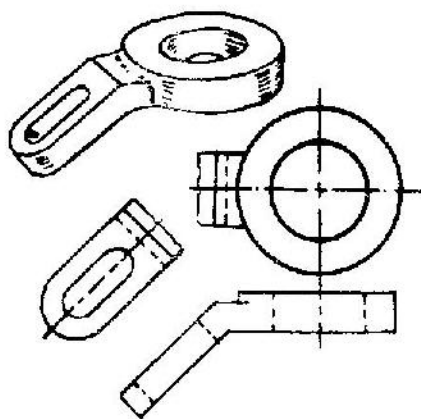
(আ) বাম ও ডানের অকজিলারী নকশা : ইহার অকজিলারী প্লেনদ্বয় সম্মুখ প্লেনের সঙ্গে উল্লম্বভাবে অবস্থান করে। বস্তুর অধিকাংশ বাম ও ডানের অকজিলারী নকশা প্রদর্শন করতে উহার উপরের নকশাকে কর্তন করে দেখানোর প্রয়োজন হয়। ১.৬১ চিত্রে একটি বস্তুর আংশিক উপর নকশার উভয় দিকে

চিত্র ১.৬২ : একটি বস্তুর সম্মুখ ও পিছনের অকজিলারী নকশা।

অকজিলারী প্লেনদ্বয়ে অঙ্কিত বাম ও ডানের অকজিলারী নকশা (উপরে) দেখানো হয়েছে।

(ই) সম্মুখ ও পিছনের অকজিলারী নকশা : ইহা এমন এক প্রকার অকজিলারী নকশা, যা পার্শ্বদেশের খাড়া অথবা প্রোফাইল প্লেনের উপর অঙ্কিত হয়। ১.৬২ চিত্রে উপরের নকশায় অকজিলারী ও পার্শ্বের প্লেনের সঙ্গে খাড়াভাবে দণ্ডায়মান প্লেন এবং নিচের নকশায় বস্তুটির সম্মুখ, পার্শ্বদেশ ও সম্মুখ অকজিলারী

নকশা দেখানো হয়েছে। কার্যক্ষেত্রে আরও কতকগুলি অকজিলারী নকশা ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়, যেমন :

আংশিক অকজিলারী নকশা

যখন কোন বস্তুর কার্যকরী নকশা অঙ্কন করা হয়, তখন উহার বিভিন্ন অংশকে অবিচ্ছিন্ন ও স্পষ্টভাবে বুঝাতে বস্তুটির আংশিক অকজিলারী নকশা অঙ্কনের প্রয়োজন হয়। বস্তুটির উপরের অংশ বুঝাতে আংশিক ছেদন নকশা অঙ্কন করার প্রয়োজন হয়, যা উপরের নকশা (top-view) নামেও খ্যাত। অতঃপর উহার সমান্তরালে সম্মুখ নকশা অঙ্কন করতে হয় এবং সর্বোচ্চ বস্তুটির আইসোমেট্রিক নকশা এঁকে উহার প্রকৃত আকৃতি ফুটিয়ে তোলা হয়।

চিত্র ১.৬৩ : একটি বস্তুর আংশিক অকজিলারী নকশা।

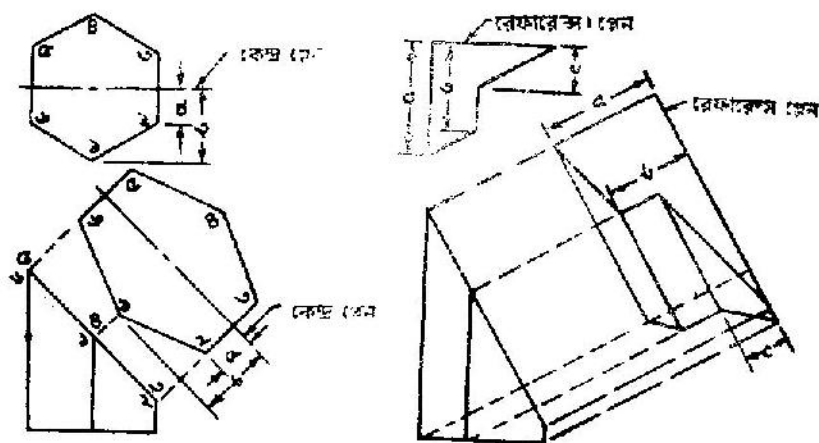
এই তিনটি নকশার সমন্বয়েই আংশিক অকজিলারী নকশা গঠিত হয় এবং ১.৬৩ চিত্রে তাই-ই দেখানো হয়েছে।

অকজিলারী নকশা অঙ্কনের নিয়মাবলী

কোন বস্তুর অকজিলারী নকশা অঙ্কন করতে নিম্নবর্ণিত অঙ্কন নিয়মাবলী ১.৬৩ চিত্রে অনুসরণ করতে হয়, যেমন :

(১) সেন্টার প্লেন থেকে অকজিলারী নকশা অঙ্কন,

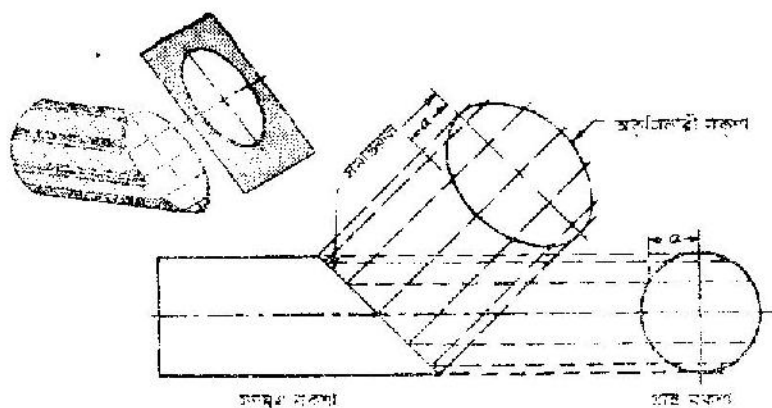
(২) রেফারেন্স লাইন থেকে অকজিলারী নকশা অঙ্কন, এবং
(৩) কর্তিত ফেস থেকে অকজিলারী নকশা অঙ্কন।

সেন্টার প্লেন থেকে অকজিলারী নকশা অঙ্কন করতে হলে, প্রথমতঃ বস্তুটির উপরের নকশা, অতঃপর উহা থেকে প্রোজেকশন লাইন টেনে সম্মুখ নকশা এবং উহা থেকে সেন্টার প্লেনের সমান্তরাল রেখা টেনে অকজিলারী প্লেন নকশা আঁকা হয়। ১.৬৪ চিত্রে একটি ষড়ভুজবিশিষ্ট প্রিজমের সেন্টার প্লেন থেকে অকজিলারী নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.৬৪ : একটি বস্তুর সেন্টার প্লেন থেকে অঙ্কিত অকজিলারী নকশা।

চিত্র ১.৬৫ : একটি বস্তুর রেফারেন্স প্লেন থেকে অঙ্কিত অকজিলারী নকশা।

রেফারেন্স প্লেন থেকে অকজিলারী নকশা অঙ্কন করতে হলে, প্রথমতঃ একই নিয়মে বস্তুটির উপর ও সম্মুখ নকশা আঁকা হয়। অতঃপর ৩০° কোণ করে সম্মুখ নকশার প্রত্যেক ছেদক বিন্দু থেকে রেফারেন্স লাইন টানা হয় এবং উহার উপরের নকশার পরিমাপ অনুযায়ী বস্তুটির পার্শ্বরেখা অঙ্কন করলে অকজিলারী প্লেন প্রস্তুত হয়। ১.৬৫ চিত্রে একটি বস্তুর রেফারেন্স প্লেন থেকে অঙ্কিত অকজিলারী নকশার অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

কোন বস্তুর কর্তিত ফেস থেকে অকজিলারী নকশা অঙ্কন করতে হলে, উক্ত কর্তিত ফেস ডান পার্শ্বে রেখে বস্তুটি শায়িত অবস্থায় প্রথমতঃ সম্মুখ নকশা, দ্বিতীয়তঃ ছেদক বিন্দুসমূহ থেকে সমান্তরাল রেখা টেনে সম্মুখ নকশার সামনে প্রান্ত নকশা (end view) এবং তৃতীয়তঃ কৌণিক ছেদক বিন্দুসমূহ থেকে উল্লম্ব

ও সমান্তরাল রেখা টেনে অকজিলারী প্লেন অঙ্কন করা হয়। ১.৬৬ চিত্রে একটি বস্তুর কর্তিত ফেস থেকে অঙ্কিত অকজিলারী নকশা দেখানো হয়েছে। বস্তুটির

চিত্র ১.৬৬ : একটি কর্তিত ফেস থেকে অঙ্কিত অকজিলারী নকশা।

কর্তিত ফেস সামনে এনে হেলানোভাবে দেখানো হয়েছে বলে উক্ত ফেসটিকে ইলিপস আকারে দেখা যায়।

কর্তিত নকশা (Sectional Views)

কোন বস্তুকে যে পার্শ্ব থেকে দেখা যায়, সেই পার্শ্বই দর্শকের নিকট স্পষ্ট-ভাবে প্রতীয়মান হয়; কিন্তু অপর পার্শ্ব তার কাছে কিছু স্পষ্ট এবং কিছু অজানা বা অস্পষ্ট থেকে যায়। আবার ভেতরের অংশসমূহ সম্পর্কে ক্ষেত্রবিশেষে একে-বারেই অজানা থেকে যায়। তাই কোন বস্তু অথবা যন্ত্রাদির কোন ভেতরের অংশ বা অংশসমূহকে দৃশ্যমান করতে হলে উহার কোন অংশ ছেদ করে সামনের অংশকে দূরে সরিয়ে দিতে হয়।

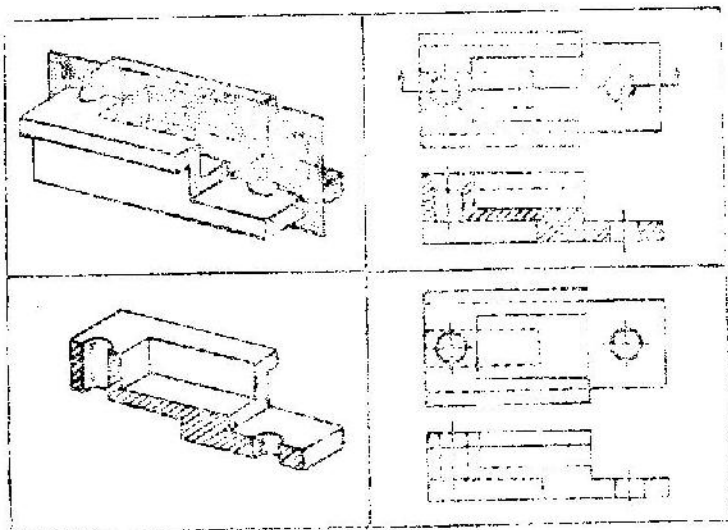
সুতরাং কোন বস্তু অথবা যন্ত্রাদির বিভিন্ন অংশ দৃশ্যমান করতে যে অঙ্কনের সাহায্যে ছেদন অংশ দেখানো হয় উহাকে কর্তিত নকশা বলে। এই নকশার কর্তিত অংশ ৪৫° কোণ করে ছেদক রেখা (section line) টানা হয়। প্রয়োজন ও অঙ্কনের তাগিদে কোন বস্তুকে বিভিন্ন দিক থেকে কর্তন করা হয়। এই কর্তনের দিক ও অবস্থানের শ্রেণীভেদে কর্তিত নকশাকে সাধারণত নিম্নবর্ণিত ৪ ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন :

১। পূর্ণ কর্তিত নকশা (Full sectional view),

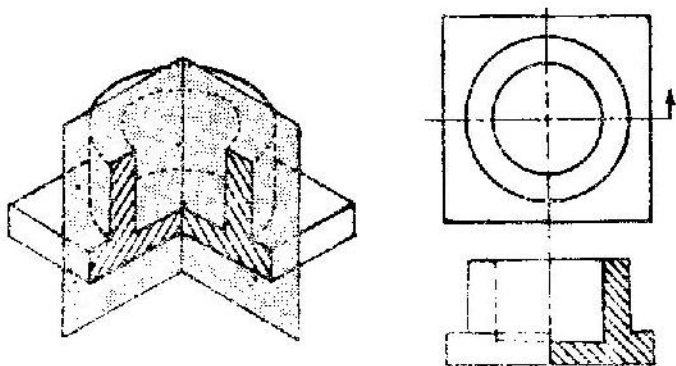
২। অর্ধ কর্তিত নকশা (Half sectional view),

৩। অফসেট কর্তিত নকশা (Offset sectional view), এবং
৪। আংশিক কর্তিত নকশা (Partial sectional view)।

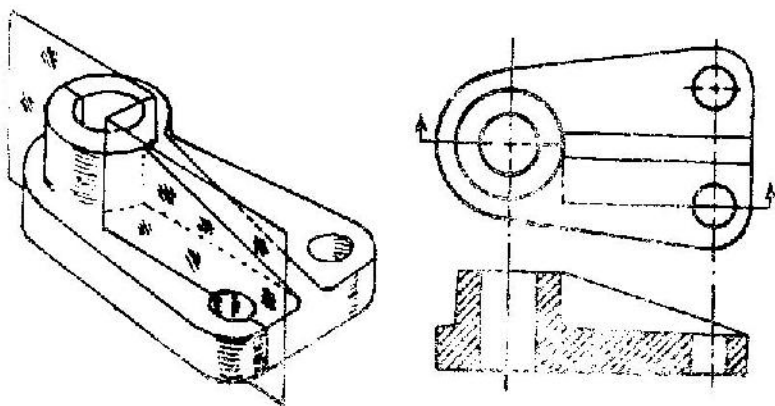
নিম্নে এই কর্তিত নকশাগুলি সম্বন্ধে বিস্তারিতভাবে বর্ণনা করা হয়েছে।

১। **পূর্ণ কর্তিত নকশা :** যখন কোন বস্তু বা যন্ত্রাদির মাঝখান দিয়ে লম্বা অথবা আড়াআড়িভাবে কর্তন বা ছেদন করা হয় এবং সামনের অংশ সরিয়ে যে নকশার সাহায্যে বাদবাকি অর্ধেক বস্তু বা যন্ত্রের চিত্র দৃশ্যমান হয়, উহাকেই পূর্ণ কর্তিত নকশা বলা হয়। ১.৬৭ চিত্রে এর উপরের অংশে একটি বস্তুকে পূর্ণ ছেদ করে এবং নিচের অংশে বস্তুটির পূর্ণ ছেদন বা কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে। প্রকৃতপক্ষে কর্তিত বস্তুটির সম্মুখ তলের ভূমি-সমান্তরালের সঙ্গে ৪৫^{0} কোণ করে ছেদক বা কর্তিত রেখা টানা হয়। কর্তিত বস্তুর যে অংশে করাতের বা কর্তন দাগ পড়ে, সেখানেই শুধু কর্তিত রেখা দেয়া হয়। সেজন্য এই চিত্রের গর্ত ও বক্রতাপূর্ণস্থানে যেখানে কর্তন যন্ত্রের ছোঁয়া লাগে না, সেখানে কর্তিত রেখা দেয়া হয় না। পূর্ণ কর্তিত নকশায় বস্তুটির অর্ধেক অংশ যে কাটা পড়ে, তা বিশেষভাবে লক্ষণীয়।

চিত্র ১.৬৭ : পূর্ণ কর্তিত বস্তু ও উহার পূর্ণ কর্তিত নকশা।

২। **অর্ধ-কর্তিত নকশা :** যখন কোন বস্তু বা যন্ত্রাদির এক প্রান্তের উভয় পার্শ্ব (দৈর্ঘ্য ও প্রস্থ) থেকে ছেদন বা কর্তন করে বস্তুটির ¼ অংশ সরিয়ে ফেলে যে

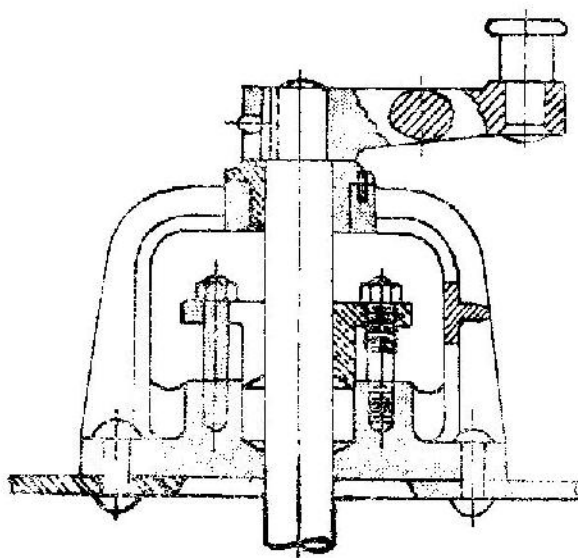
চিত্র বা নকশা অঙ্কন করা হয়, উহাকে অর্ধ-কর্তিত নকশা বলা হয়। ১.৬৮ চিত্রে একটি অর্ধ-কর্তিত বস্তু এবং উহার অর্ধ-কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.৬৮ : অর্ধ-কর্তিত বস্তু এবং উহার অর্ধ-কর্তিত নকশা।

উক্ত চিত্রের বাম পার্শ্বে কর্তিত নকশার আইসোমেট্রিক, ডানদিকের উপরে টপ বা উপরের এবং তার নিচে সম্মুখ অর্ধ-কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

বস্তুটির এই অর্ধ-কর্তিত নকশা অঙ্কনের ফলে ধারকের পুরুত্বের যে পার্থক্য আছে, তা আমাদের চোখে স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হচ্ছে; যা ইতিপূর্বে সহজে পরিমাপযোগ্য ছিল না।

চিত্র ১.৬৯ : একটি বস্তুর অফসেট কর্তন এবং উহার অফসেট কর্তিত নকশা।

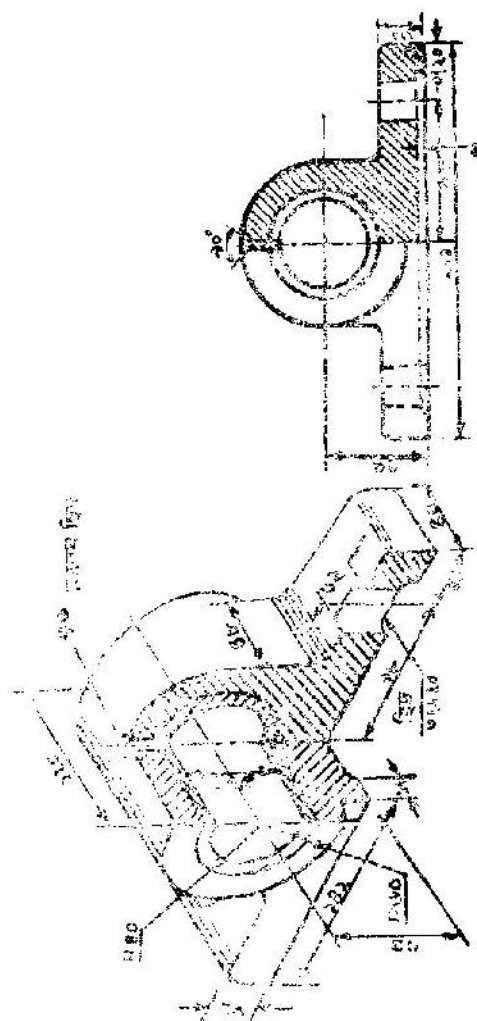
৩। **অফসেট কর্তিত নকশা :** যখন কোন বস্তু অথবা যন্ত্রকে দুই বা ততোধিক প্লেনে ছেদন বা কর্তন করে কর্তিত অংশটি সরিয়ে যে নকশার সাহায্যে দৃশ্যমান

করা হয়, উহাকে অফসেট কর্তিত নকশা বলা হয়। মূলতঃ পূর্ণ ও অর্ধ-কর্তিত নকশার সমন্বয়ে অফসেট কর্তিত নকশা গঠিত হয়। ১.৬৯ চিত্রে একটি বস্তুর অফসেট কর্তন এবং উহার অফসেট কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে। এই চিত্রে উল্লেখিত বস্তুর তিনটি ছিদ্র তিনটি কৌণিক দূরত্বে অবস্থিত। উহাদের দুটির পরিমাপে মিল রয়েছে, অপরটিতে মিল নেই। তাই ঐ ধরনের বস্তুকে দুটি ছেদক বিন্দুতে কর্তন করে অফসেট কর্তিত নকশা দেখানো হয়।

৪। আংশিক কর্তিত নকশা : যখন কোন বস্তু অথবা যন্ত্রাদির যে কোন অংশ আংশিকভাবে কর্তন বা ছেদন করে কর্তিত রেখার মাধ্যমে দেখানো হয়, তখন উক্ত নকশাকে আংশিক কর্তিত নকশা বলে। ইতিপূর্বে যে সকল কর্তিত নকশা সম্পর্কে বর্ণনা করা হয়েছে, তাদের প্রতিটির কর্তনের নির্দিষ্ট একটি পরিমাপ থাকে, কিন্তু আংশিক কর্তিত নকশাতে নির্দিষ্ট কোন পরিমাপ থাকে না।

চিত্র ১.৭০ : একটি বস্তুর আংশিক কর্তিত নকশা।

বস্তু বা যন্ত্রাদির যে অংশটুকু কেটে ফেলা হয়, সেই অংশেরই ছেদন বা কর্তিত নকশা তুলে ধরা হয়। সেজন্য কার্যক্ষেত্রে এই ধরনের কর্তিত নকশার প্রয়োগ তুলনামূলকভাবে কম। তবে, অনেক সময় মূল বস্তু আংশিক কর্তন করে তৈরি ধাতুর প্রতীক ও বস্তুর গঠন অবস্থা এই নকশার মাধ্যমে দেখানো হয়। ১.৭০ চিত্রে একটি বস্তুর আংশিক কর্তিত নকশা দ্রষ্টব্য।

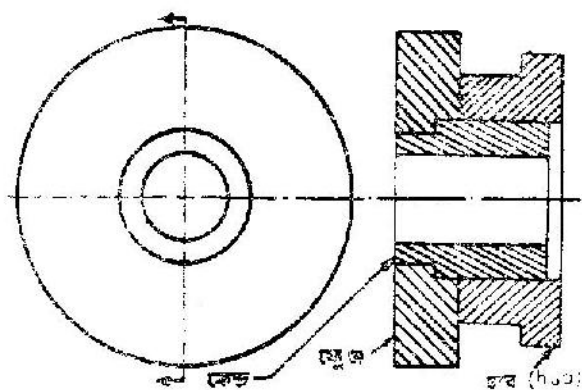
বুশবিয়ারিং-এর অর্ধ-কর্তিত নকশা

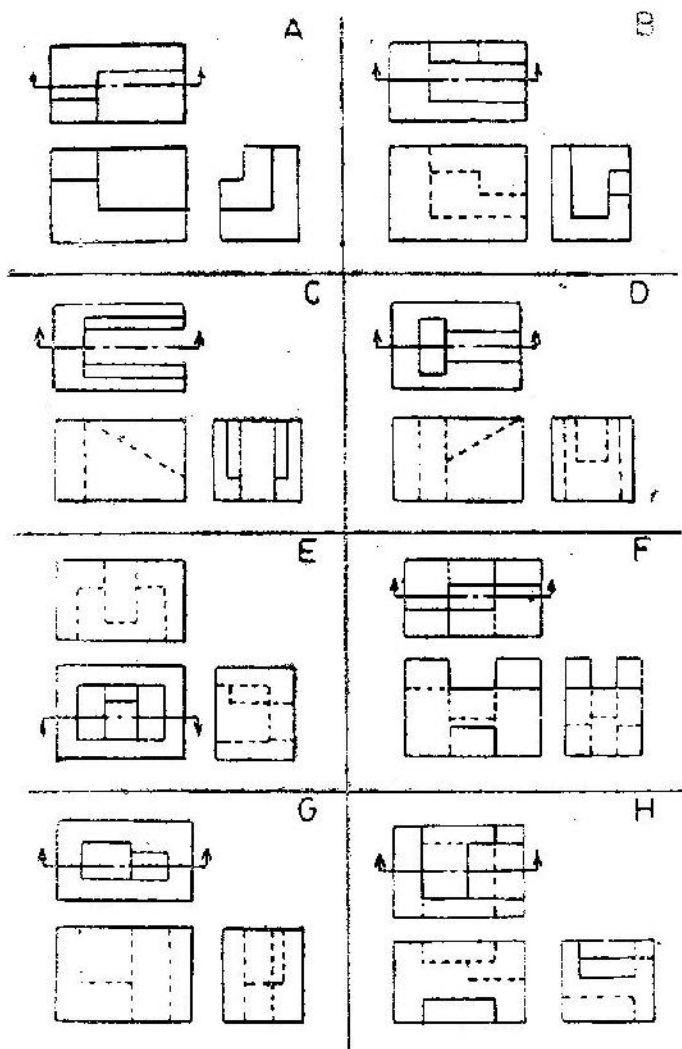
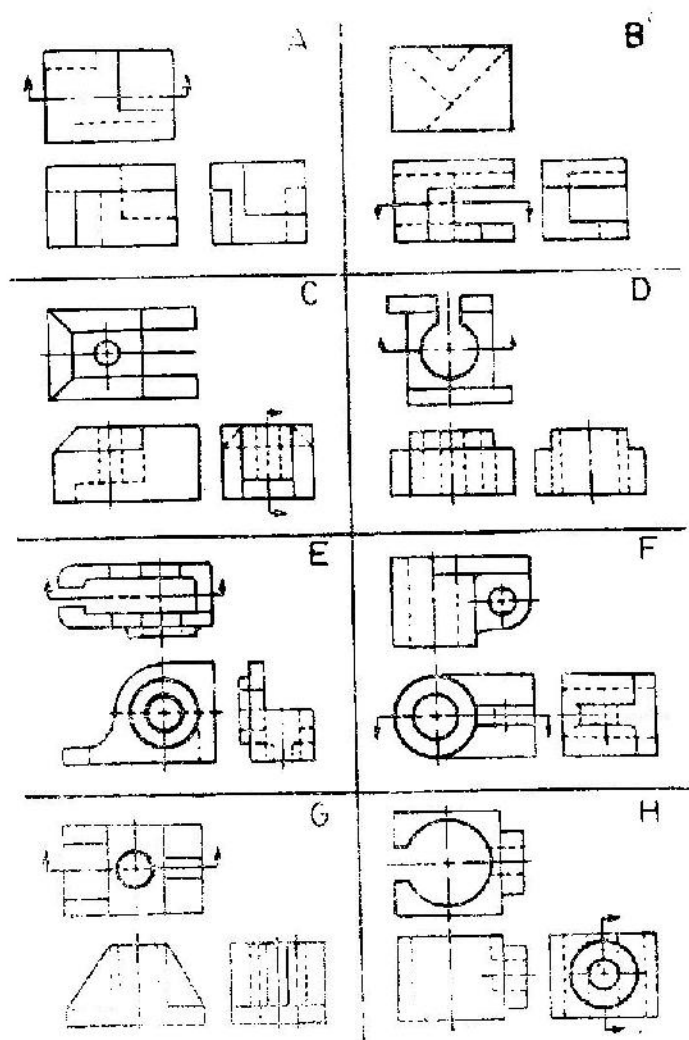
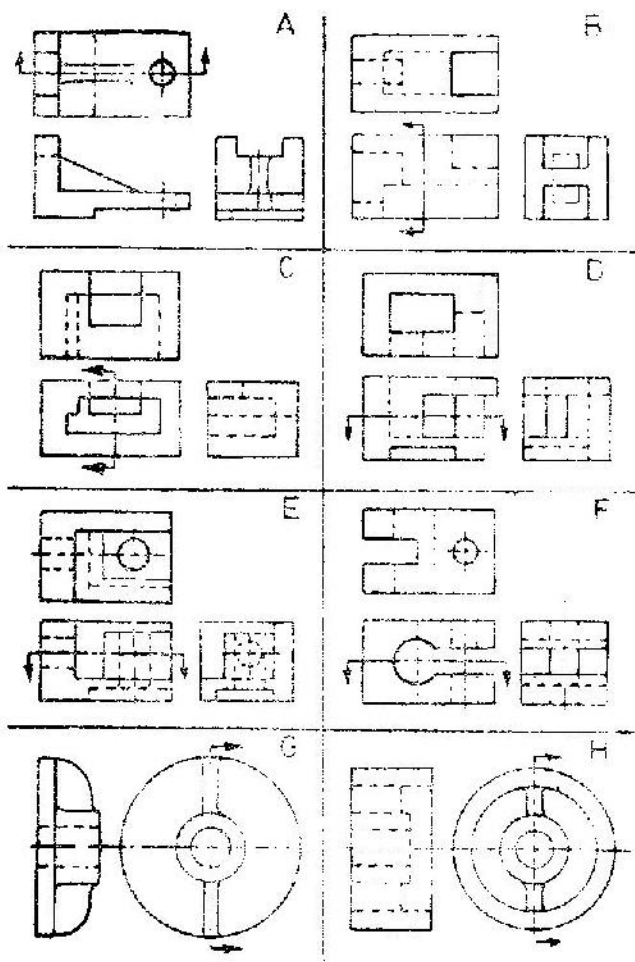
একটি বুশবিয়ারিং-এর অর্ধ-কর্তিত নকশা অঙ্কন করতে হলে, প্রথমতঃ বিয়া রিংটির দৈর্ঘ্য, ব্যাস, পুরুত্ব প্রভৃতির সঠিক পরিমাপ মোতাবেক একটি আইসো

চিত্র ১.৭১ : একটি বুশবিয়ারিং এর আইসোমেট্রিক ও সম্মুখ কর্তিত নকশা।

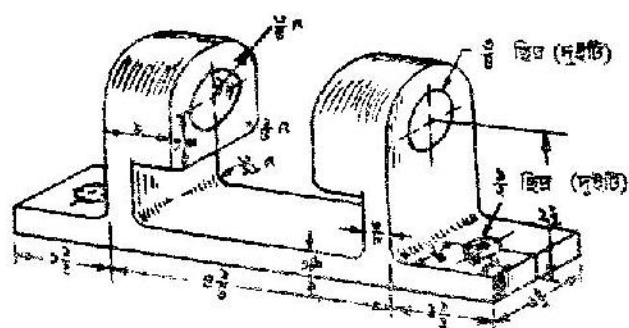
মেট্রিক অথবা সম্মুখ নকশা অঙ্কন করতে হয়। অতঃপর, বিয়ারিংটির সম্মুখভা থেকে সোজাভাবে ছেদন করে, মাঝামাঝি কেন্দ্রবিন্দু পর্যন্ত ঠেকাতে হয় এ

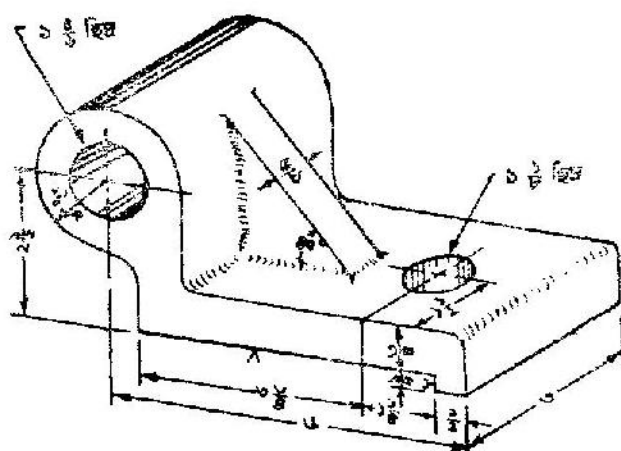
একইভাবে ডান অথবা বাম পার্শ্বের মাঝামাঝি থেকে সোজাভাবে ছেদন করে কেন্দ্র-বিন্দু পর্যন্ত আসতে হয়। বিয়ারিং-এর পুরু অংশটিই শুধু কাটতে হয়, কারণ বিয়ারিং-এর মাঝখানের জায়গা ফাঁকা। সেখানে কর্তন করা বা কর্তন রেখা অঙ্কনের প্রয়োজন হয় না। এরপর বিয়ারিং-এর পুরুত্বের যে অংশটার কর্তন সামনে পড়ে, সেই অংশে ভূমি থেকে ৪৫° কোণ করে ছেদন রেখা এবং অপর সম্মুখ ছেদন রেখাটি একটি খাড়া লাইন টেনে অর্ধ-কর্তিত নকশার কার্য সম্পন্ন করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, ১.৭১ চিত্রে একটি বুশবিয়ারিং এর আইসোমেট্রিক ও সম্মুখ কর্তিত-নকশা পাশাপাশি অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

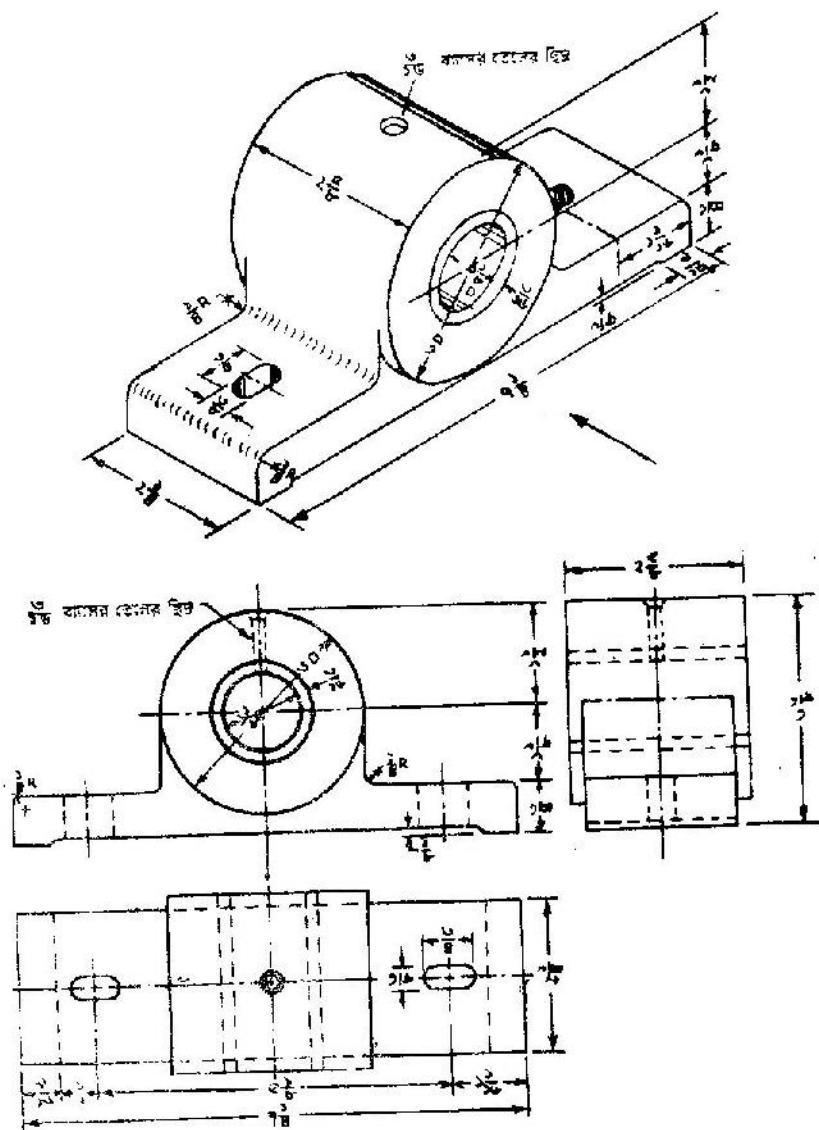
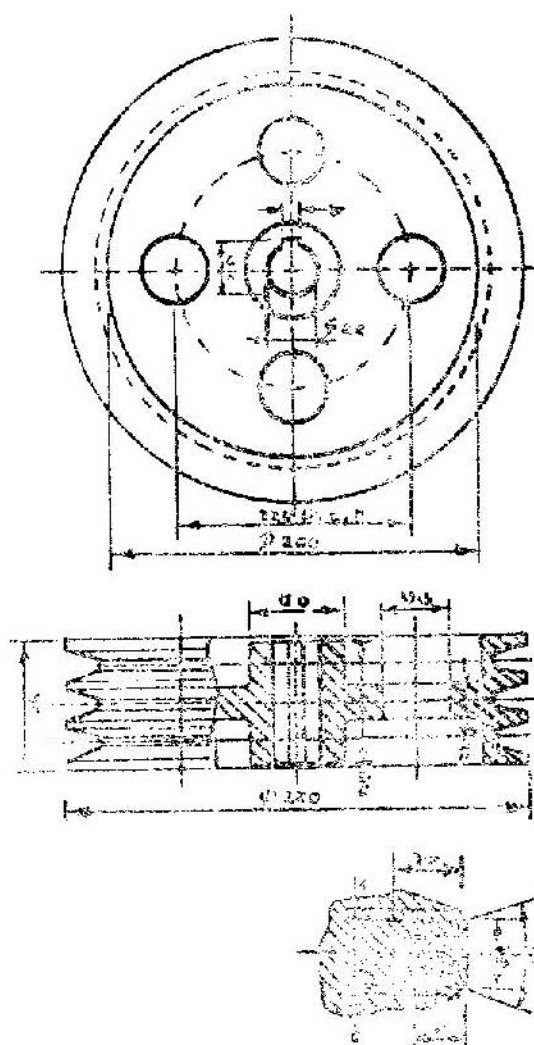
সংযোজিত কর্তিত নকশার গুরুত্ব

কোন যন্ত্রের যন্ত্রাংশ সংযুক্তাবস্থায় উহার ভেতরের অংশসমূহ কোনখানে কোনটি কেমনভাবে সংযুক্ত হয়েছে, তা অনুধাবনের জন্যই সংযোজিত কর্তিত নকশা অঙ্কনের প্রয়োজন হয়। যখন যন্ত্রাদির দুই বা ততোধিক খুচরাংশ একত্রে দেখানোর প্রয়োজন হয়, তখন বিভিন্ন যন্ত্রাংশের জন্য বিভিন্ন কোণে কর্তিত রেখা আরোপ করা হয়। এই ধরনের কর্তিত নকশা অঙ্কনের জন্য বস্তুটিকে পূর্ণ কর্তন করা হয়। ১.৭২ চিত্রে একটি ফ্লেঞ্জ ও হাবের সঙ্গে সংযুক্তাবস্থায় উহার সংযোজিত কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.৭২ : সংযোজিত কর্তিত নকশা।

এই নকশার কর্তিত রেখা ৩০°, ৪৫° ও ৬০° কোণে ও নির্দিষ্ট যন্ত্রাংশের জন্য একইদিকে এবং ভিন্ন যন্ত্রাংশের জন্য ভিন্ন কোণে ও বিপরীত দিকে অঙ্কন করে দেখানো হয়। এর ফলে বিভিন্ন যন্ত্রাংশকে চিহ্নিত করতে সুবিধা হয়, সেজন্য কারিগরি কর্মকাণ্ডে এই ধরনের নকশা অঙ্কনের গুরুত্ব অপরিসীম।

চিত্র ১.৭৩ : অর্থোগ্রাফিক পূর্ণকর্তিত নকশাসমূহ থেকে বস্তুর আইসোমেট্রিক কর্তিত (পিকটোরিয়াল) নকশাসমূহ অঙ্কনের প্রশ্নাবলী।

চিত্র ১.১৪ : অর্থোগ্রাফিক পূর্ণকর্তিত নকশাসমূহ থেকে বস্তুর আইসোমেট্রিক কর্তিত নকশাসমূহ অঙ্কনের প্রশ্নাবলী।

চিত্র ১.৭৫ : অর্থোগ্রাফিক পূর্ণকর্তিত নকশাসমূহ থেকে বস্তুর আইসোমেট্রিক কর্তিত নকশাসমূহ অঙ্কনের প্রশ্নাবলী।

প্রশ্ন : একটি দ্বৈত বিয়ারিং এর পূর্ণকর্তিত নকশা (আইসোমেট্রিক) অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৭৬ : দ্বৈত বিয়ারিং এর আইসোমেট্রিক নকশা।

প্রশ্ন : একটি ঢালাই লোহা রড বিয়ারিং এর পূর্ণকর্তিত (সম্মুখ) নকশা অঙ্কন কর।

চিত্র ১.৭৭ : ঢালাই লোহা রড বিয়ারিং এর আইসোমেট্রিক নকশা।

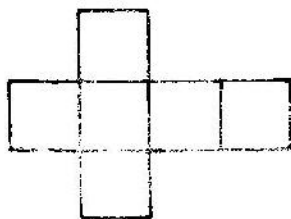
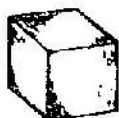
প্রশ্ন : একটি বুশযুক্ত বিয়ারিং এর পিকটোরিয়াল ও অর্থোগ্রাফিক নকশা দেওয়া আছে, উহাতে অর্ধকর্তিত অবস্থা দেখাও এবং প্রতিটি নকশায় কর্তন রেখা প্রদর্শন কর।

চিত্র ১.৭৮ : একটি বুশবিয়ারিং এর পিকটোরিয়াল ও অর্থোগ্রাফিক নকশা।

চিত্র ১.৭৯ : একটি V-বেল্টপুলি এর আংশিক কর্তিত নকশা।

ডেভেলপমেন্ট বা প্রসারিত নকশা (Development views)

শীটমেটাল ড্রাফটিং-এ এই নকশার প্রচলন সবচেয়ে বেশি। কোন ঘনবস্তু (cube), চারটি তলবিশিষ্ট বস্তু (Tetrahedron), আটটি তলবিশিষ্ট বস্তু, বারটি

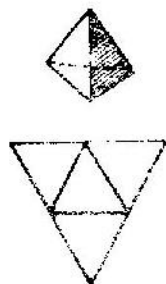
তলবিশিষ্ট বস্তু (Dodecahedron), কুড়িটি তলবিশিষ্ট বস্তু (Icosahedron), প্রিজম (Prism), সিলিণ্ডার, পিরামিড (Pyramid), মোচাকৃতি বস্তু (Cone), প্রভৃতি প্রস্তুত করতে সাধারণত মেটাল শীট (metal sheet) বা ধাতব পাতের প্রয়োজন হয়। এই সকল দ্রব্য প্রস্তুত করতে কি পরিমাণ ধাতব পাতের প্রয়োজন হবে, ডেভেলপমেন্ট নকশা তার পরিমাপ নির্দেশ করে।

এই নকশা প্রস্তুত করার সময় প্রথমে বস্তুটির সঠিক পরিমাপবিশিষ্ট আইসোমেট্রিক, অবলিক অথবা সম্মুখ নকশা অঙ্কন করতে হয়। অতঃপর বস্তুটির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, উচ্চতা, পরিসীমা প্রভৃতির পরিমাপ অনুসারে উহার প্রসারিত বা ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন করতে হয়। যে বস্তুটির ডেভেলপমেন্ট নকশা আঁকতে হবে, উহার যে কোন এক বা একাধিক কোণা খুলে দিলে সকল পার্শ্ব প্রসারিত হবে। এই প্রসারিত বস্তুটির নকশা অঙ্কন করলেই উহা প্রস্তুতকৃত ধাতব পাতের পরিমাপ পাওয়া যায় এবং উহাকেই ডেভেলপমেন্ট নকশা বলা হয়। নিম্নে উপরিউক্ত বস্তুগুলির ডেভেলপমেন্ট নকশা ধাপে ধাপে বর্ণনা করা হয়েছে।

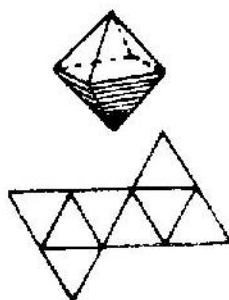
(ক) ঘনবস্তু (Cube) : যে বস্তুর দৈর্ঘ্য, প্রস্থ ও বেধ বা উচ্চতা বিদ্যমান এবং ছয়টি তল থাকে, তাকে ঘনবস্তু বলা হয়। ১.৮০ চিত্র অনুযায়ী উক্ত বস্তুটির উপর এবং পার্শ্বের জোড়াগুলি খুলে একটি সমতল স্থানে স্থাপন

চিত্র ১.৮০ : একটি ঘনবস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা।

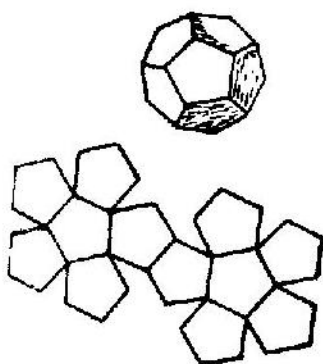
করলে অথবা পরিমাপ মোতাবেক অঙ্কন কাগজের উপর আঁকলে উহার ছয়টি তল একটির সঙ্গে অপরটিকে জোড়া লাগানো অবস্থায় দেখা যাবে। উহাই ঘন বস্তুটির প্রসারণ বা ডেভেলপমেন্ট নকশা।

(খ) চারটি তলবিশিষ্ট বস্তু (Tetrahedron) : চারটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ত্রিভুজ আকৃতিতে তিনটি পার্শ্বতল এবং একটি নিম্নতল থাকে। নিম্নতলটি মাঝে রেখে উহার তিন দিক থেকে জোড়াগুলি খুলে দিলে অথবা অঙ্কন কাগজের

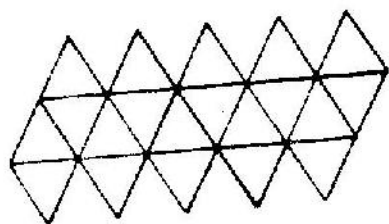
চিত্র ১.৮১ : চারটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা।

উপর স্থাপন করে বা পরিমাপ অনুযায়ী আঁকিলে উক্ত বস্তুটির প্রসারণ বা ডেভেলপমেন্ট নকশা প্রস্তুত হবে। আবার উক্ত পার্শ্বতলগুলি দণ্ডায়মান করে এঁটে দিলেই চারটি তলবিশিষ্ট বস্তু প্রস্তুত হবে। ১.৮১ চিত্রে চারটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা দেখানো হয়েছে।

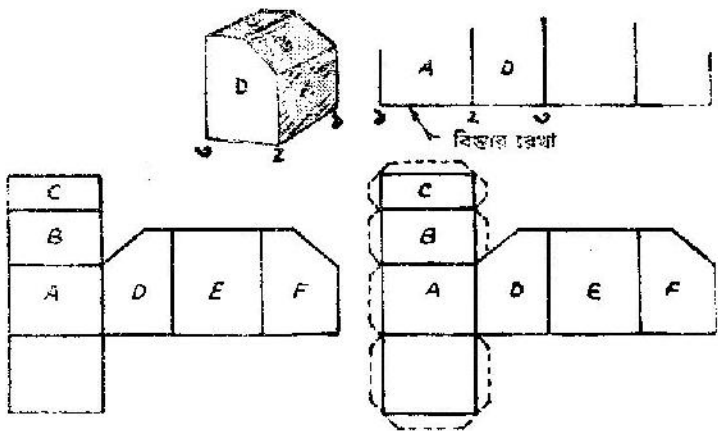
(গ) আটটি তলবিশিষ্ট বস্তু (Octahedron) : আটটি তলবিশিষ্ট বস্তুর উপরের দিকে চারটি তল এবং নীচের দিকে চারটি তল থাকে। উহার যে কোন

চিত্র ১.৮২ : আটটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা।

একটিকে কেন্দ্র করে অপর তলগুলির কোনার জোড়া খুলে দিলে ১.৮২ চিত্র অনুযায়ী বস্তুর তলগুলি প্রসারিত হবে। পরিমাপ অনুযায়ী অঙ্কন নীতি আঁকিলেই আটটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা উৎপন্ন হবে।

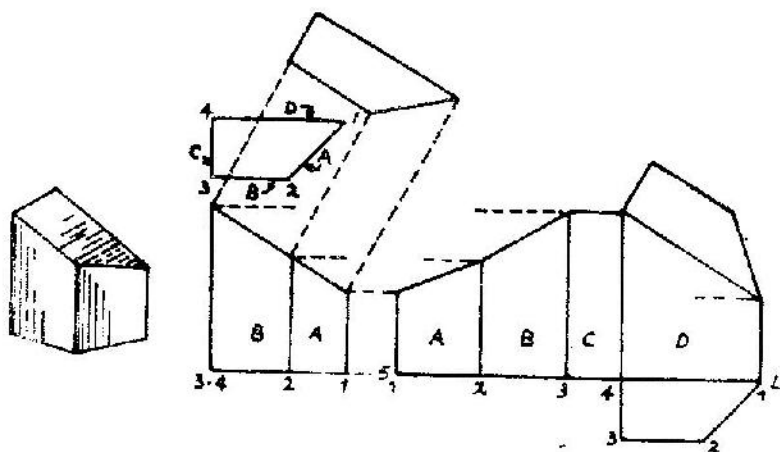
(ঘ) বারটি তলবিশিষ্ট বস্তু (Dodecahedron) **:** বারটি তলবিশিষ্ট বস্তুটি দেখতে অনেকটা ফুটবলের মত এবং এই বস্তুর প্রতিটি তল এক একটি পেন্টাগণ আকৃতিতে থাকে। বস্তুটিকে প্রসারণ করতে হলে ১.৮৩ চিত্র অনুযায়ী দুটি তলকে কেন্দ্র করে ছয়টি করে তলের সমন্বয়ে দুই সেট ক্ষেত্র অঙ্কন করলেই বারটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা প্রস্তুত হবে।

চিত্র ১.৮৩ : বারটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা।

(ঙ) কুড়িটি তলবিশিষ্ট বস্তু (Icosahedron) **;** কুড়িটি তলবিশিষ্ট বস্তুকে দেখতে হীরক খণ্ডের মত মনে হয়। উহা কুড়িটি ত্রিকোণাকৃতি পাতের সমন্বয়ে গঠিত হয়। উক্ত বস্তুর ডেভেলপমেন্ট চিত্র আঁকতে হলে ত্রিকোণগুলির

চিত্র ১.৮৪ : কুড়িটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা।

পরিমাপ অনুযায়ী পাঁচটি করে ত্রিকোণ পাশাপাশি রেখে উপরের একটি ভূমির সঙ্গে এদিক-ওদিক পাঁচ+পাঁচ, মোট দশটি এবং নীচের ভূমির সঙ্গে এদিক-ওদিক পাঁচ+পাঁচ, মোট দশটি ত্রিকোণ পাশাপাশি আঁকলেই উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা উৎপন্ন হবে। ১.৮৪ চিত্রে কুড়িটি তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা দেখানো হয়েছে।

(চ) বস্তুর নমুনা (Pattern) : একটি বস্তুর প্রতিকৃতি বা পরিমাপ অনুসারে যখন অপর একটি বস্তু প্রস্তুত করা হয়, তখন প্রতিকৃতি সম্পন্ন বস্তুটিকে বস্তুর নমুনা বলা হয়। ১.৮৫ চিত্রে উপরের দিকে যে বস্তুটি দেখানো হয়েছে, ইহা একটি বস্তুর প্রতিকৃতি। উহার পরিমাপ অনুসারে অপর একটি বস্তু প্রস্তুত করতে ডেভেলপমেন্ট নকশার প্রয়োজন হয়।

চিত্র ১.৮৫ : একটি বস্তুর নমুনার ডেভেলপমেন্ট নকশা।

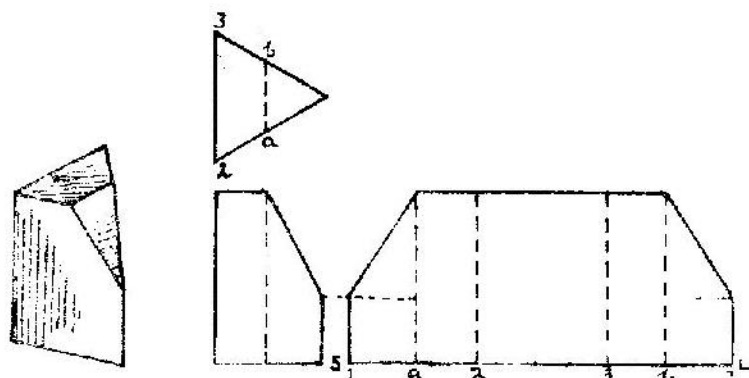
এই বস্তুটির বিভিন্ন পার্শ্বের পরিমাপ বিভিন্ন রকম, তাই উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা প্রস্তুতে আরও বেশি সতর্কতা অবলম্বন করা দরকার। এখানে বস্তুটির বিভিন্ন তলের পরিমাপ অনুসারে A, B, C, D, E, F দেয়া হয়েছে। A, B, C, D পরিমাপ চারটি দেখা যাচ্ছে, E, F এবং নামবিহীন অংশটি দেখা যাচ্ছে না। এদের মধ্যে B হলো A তলের বিপরীতটি, F হলো D তলের বিপরীতটি এবং নামবিহীন অংশটি হলো বস্তুর নমুনার নীচের তল। সুতরাং বস্তুটির সাতটি তল পরপর সাজিয়ে অঙ্কন করলেই উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা প্রস্তুত হবে।

(ছ) প্রিজম (Prism) : একটি প্রিজমের সাধারণত ছয়টি তল থাকে। উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন করতে হলে প্রথমতঃ উপরের নকশা 1 2 3 4 আঁকতে হয়, যার চারটি বাহুর নাম বা পরিমাপ A B C D; অতঃপর উহার নিচে উহার সম্মুখ নকশা এবং উহার হেলানো রেখার সমান্তরালে অকজিলারী প্লেন বা নকশা অঙ্কন করা হয়। ইহার ডেভেলপমেন্ট নকশার পরিসীমা বের করতে হলে 1 2 3 4 চতুর্ভুজটির 1—2, 2—3, 3—4 এবং 4—1 এর দৈর্ঘ্যসমূহ যোগ করে SL রেখা অঙ্কন করা হয়। অতঃপর উপরের নকশার ভাগসমূহের পরিমাপ

চিত্র ১.৮৬ : একটি প্রিজমের ডেভেলপমেন্ট নকশা।

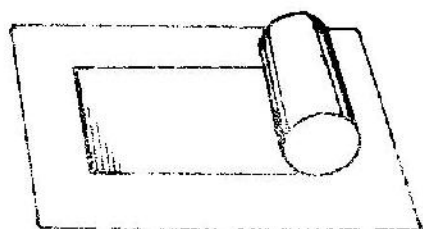
1, 2, 3, 4, 1 ভাগে SL কে ভাগ করে ভাগসমূহকে যথাক্রমে A, B, C, D নামে চিহ্নিত করা হয়। এরপর সম্মুখ নকশার উচ্চতা অনুসারে 1, 2, 3, 4, 1 রেখাসমূহের উচ্চতা চিহ্নিত করা হয় এবং D এর উপরের দিকে প্রিজমটির উপরের পরিমাপ অনুযায়ী একটি চতুর্ভুজ এবং নীচের দিকে একই বা 1, 2, 3, 4 এর পরিমাপ অনুযায়ী একটি চতুর্ভুজ আঁকা হয়।

এমতাবস্থায় যে প্রসারণ নকশা উৎপন্ন হলো, উহাই প্রিজমটির ডেভেলপমেন্ট নকশা, যা ১.৮৬ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

(জ) দ্বিতীয় প্রিজম : ১.৮৭ চিত্রে দ্বিতীয় প্রিজমের (কর্তনকৃত) ডেভেলপমেন্ট নকশা দেখানো হয়েছে। ইহা মূলতঃ ত্রিকোণবিশিষ্ট একটি বস্তু, তবে উপরের দিকে ডান কর্ণের খানিকটা কর্তন করার ফলে তলের সংখ্যা সেই ছয়টিতে দাঁড়িয়েছে।

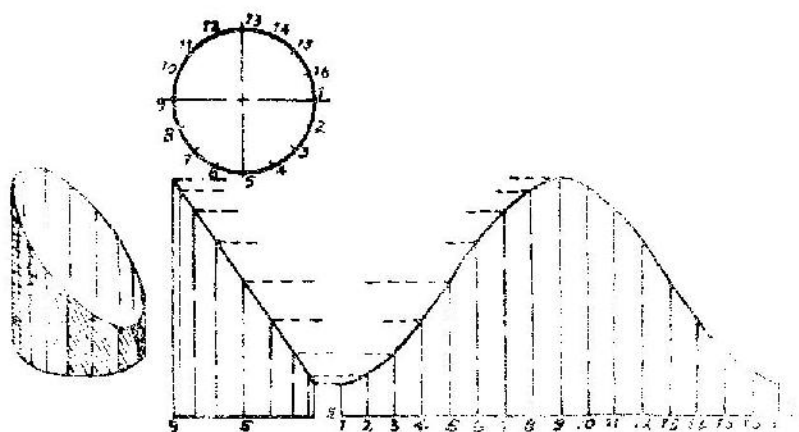
উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন করার শুরুতে প্রথমতঃ প্রিজমটির সম্মুখ নকশা, দ্বিতীয়তঃ এ সম্মুখ নকশার সমান্তরালে উপরের দিকে উপরের নকশা অঙ্কন করা হয়, যার নাম 1 2 3 এবং ছেদক বাহু ab। ছেদক বাহুর সমান্তরালে সম্মুখ রেখার উপরে খাড়াভাবে ডটেড রেখা আঁকা হয়। অতঃপর 1–a, a–2,

চিত্র ১.৮৭ : একটি প্রিজমের ডেভেলপমেন্ট নকশা।

2–3, 3–b এবং b–1 পরিমাপ সম্বলিত SL রেখা এঁকে উহাতে 1, a, 2, 3, b এবং 1 চিহ্ন আরোপ করা হয়। এরপর সম্মুখ নকশার পরিমাপ এবং ১.৮৭ চিত্র মোতাবেক সমান্তরাল ও হেলানো রেখা টেনে ডেভেলপমেন্ট নকশাটি পূরণ করা হয়।

(ঝ) সিলিণ্ডার (Cylinder) : কোন সিলিণ্ডারের আকৃতিভেদে উহার ডেভেলপমেন্ট নকশারও তারতম্য ঘটে। এখানে প্রথমতঃ একটি অখণ্ড এবং পরবর্তীতে একটি কৌণিক ছেদনকৃত সিলিণ্ডারের ডেভেলপমেন্ট নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.৮৮ : একটি অখণ্ড সিলিণ্ডারের ডেভেলপমেন্ট নকশা।

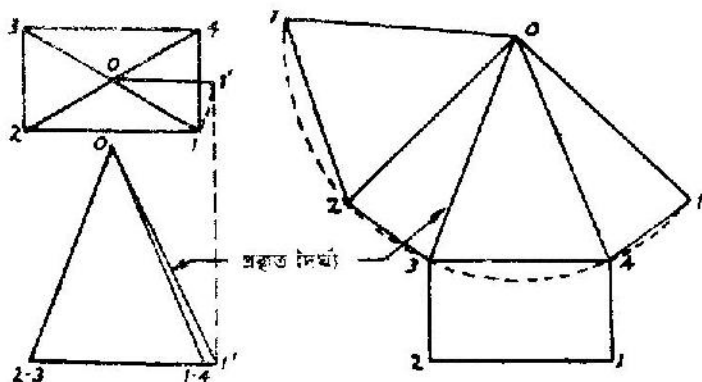
একটি আয়তক্ষেত্রের পরিমাপ পাতকে জড়ানো হলে যেমন একটি অখণ্ড সিলিণ্ডার উৎপন্ন হয়; তেমনি একটি অখণ্ড সিলিণ্ডারের জোড়া ছাড়িয়ে দিলে

অথবা উহার প্রসারণ নকশাকে একটি অঙ্কন কাগজে আঁকলে উহার প্রকৃত পরিমাপবিশিষ্ট ডেভেলপমেন্ট নকশা পাওয়া যাবে, যার প্রকৃতি হবে আয়তক্ষেত্রের ন্যায়। ১.৮৮ চিত্রে একটি অখণ্ড সিলিণ্ডারের ডেভেলপমেন্ট নকশা দেখানো হয়েছে।

একটি হেলানোভাবে ছেদনকৃত সিলিণ্ডারকে ডেভেলপমেন্ট বা প্রসারণ করতে হলে প্রথমতঃ উহার ব্যাসের পরিমাপ অনুসারে নকশা আঁকতে হয়। এরপর দুই গোলাকার ক্ষেত্রকে সিলিণ্ডারের পার্শ্বের সংখ্যা মোতাবেক ষোলভাগে ভাগ

চিত্র ১.৮৯ : একটি ছেদনকৃত বা কর্তিত সিলিণ্ডারের ডেভেলপমেন্ট নকশা।

করা হয়। অতঃপর উপরের নকশার নিচের দিকে প্রোজেকশন রেখা টেনে সিলিণ্ডারটির সম্মুখ নকশা আঁকা হয় এবং উহার উচ্চতা বিবেচনা করে ডানদিকে সর্বনিম্ন এবং বামদিকে সর্বোচ্চ রেখা রেখে দাগ টেনে দিতে হয়। উপরের নকশার ভাগসমূহের রেখা বরাবর সম্মুখ নকশাতেও টানা হয়।

অতঃপর সম্মুখ নকশার ভূমি সমান্তরাল এবং উপরের নকশার পরিসীমার সমান SL রেখা টানা হয় এবং উহাকে উহার ভাগ মোতাবেক 1, 2, 3 থেকে 15, 16, । মোট ১৬ ভাগে ভাগ করা হয়। অতঃপর সম্মুখ নকশার খাড়া ছেদক বিন্দু থেকে ডটেড রেখা টেনে ডেভেলপমেন্ট নকশার উচ্চতা নির্দেশ করে নকশার কাজ সম্পন্ন করা হয়। ১.৮৯ চিত্রে একটি কর্তিত সিলিণ্ডারের কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

(ঞ) পিরামিড (Pyramid) : একটি পিরামিডের সাধারণত নিচের দিকে একই পরিমাপ অথবা জোড়া হিসাবে কিছু ছোট-বড় এবং উপরের দিকে চারটি পার্শ্ব সুচাগ্র হয়ে একটি বিন্দুতে মিশে গেছে। এই পিরামিডের ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন করতে হলে উহার কেন্দ্রবিন্দু থেকে বাহুগুলির কৌণিক দূরত্ব হিসেবে

চিত্র ১.৯৩ : একটি পিরামিডের ডেভেলপমেন্ট নকশা।

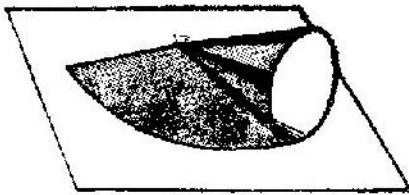
প্রথমতঃ উহার উপরের নকশা (top view) ; দ্বিতীয়তঃ উহার সম্মুখ নকশা (front view) এবং সম্মুখ নকশার সংলগ্ন কৌণিক দূরত্বের বৃত্তচাপের পরিমাপ অনুযায়ী প্রকৃত দৈর্ঘ্যের রেখা টানতে হয়। এই প্রকৃত দৈর্ঘ্য টানার উদ্দেশ্য হলো, পিরামিডের পার্শ্ব ও খাড়া রেখার দৈর্ঘ্য অনুযায়ী ডেভেলপমেন্ট নকশায় উহার পরিমাপ সহজে প্রদর্শনের সুবিধা হয়।

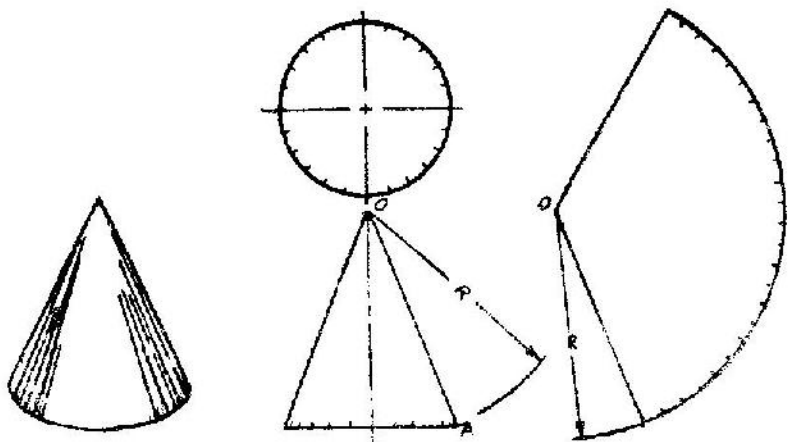
অতঃপর, বস্তুটির উপরের নকশানুযায়ী দেখা যায় যে, উহার 21 ও 43 বাহু দুটি পরস্পর সমান এবং অপর দুটি বাহু 14 ও 23 অপেক্ষা বড়। এখানে পরবর্তী বাহু দুটিও পরস্পর সমান। এখন O বিন্দুকে কেন্দ্র করে ১.৯৩ চিত্র অনুযায়ী এবং O1' প্রকৃত দৈর্ঘ্যবিশিষ্ট বাহুর সমান ব্যাসার্ধ নিয়ে একটি অর্ধবৃত্ত অঙ্কন করা হল। উক্ত অর্ধবৃত্ত রেখার উপরে পিরামিডের চারটি তল রেখার পরিমাপ অনুযায়ী 1, 2, 3, 4 এবং 1 এই পাঁচটি ভাগে ভাগ করে যথাক্রমে O-1, O-2, O-3, O-4 এবং O-1 যোগ করা হয়। এবং 1-2, 2-3, 3-4, 4-1 প্রভৃতি যোগ করলে উক্ত চারটি তলের পরিমাপ পাওয়া যাবে এবং এভাবে উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা উৎপন্ন হবে।

এই নকশার 34 বাহুটির 3 এবং 4 বিন্দুদ্বয়ের উভয় পার্শ্ব থেকে দুটি ছোট বাহু ও 34 এর সমান্তরাল একটি রেখা অঙ্কন করলে পিরামিডটির প্রকৃত ভূমি

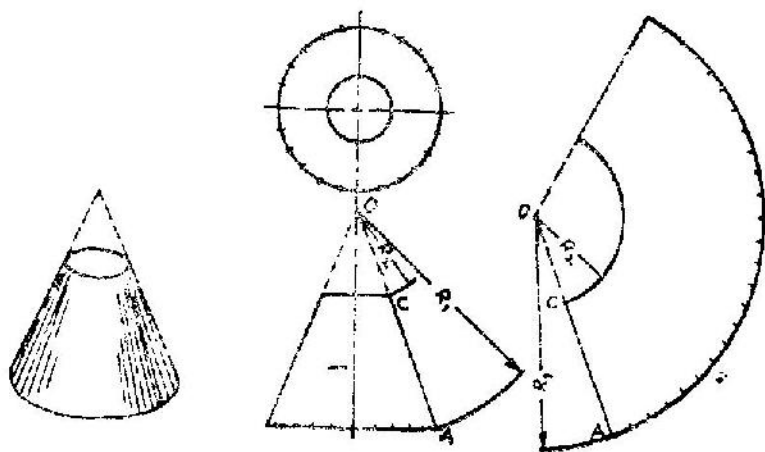
রেখাসমূহ উৎপন্ন হবে এবং 1 2 3 4 উহার নামান্তর মাত্র। আবার কেন্দ্র ঠিক রেখে ডেভেলপমেন্ট নকশাটির উভয় পার্শ্বের O 1 রেখা দুটি একীভূত করলেও উহা আবার পূর্ববৎ পিরামিডের রূপ ধারণ করতে পারে।

(ড) **মোচাকৃতি বস্তু** (Cone) : একটি মোচাকৃতি বস্তু বলতে, উহার নিচের অংশ বা ভূমি গোলাকার; বস্তুটির নির্দিষ্ট উচ্চতা বিদ্যমান এবং উপরের অংশটি একটি বিন্দুতে সুচাগ্রের মত মিলেছে।

উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন করতে হলে, সাধারণভাবে কোন টিন ও ঝালাই দ্বারা নির্মিত মোচাকৃতি বস্তুর ঝালাই খুলে দিয়ে অঙ্কন শীটের উপর দাগ

চিত্র ১.৯১ : একটি মোচাকৃতি বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশার তল (সাধারণভাবে)।

কাটতে হয়। উপরের ১.৯১ চিত্রে একটি মোচাকৃতি বস্তুর সাধারণভাবে অঙ্কিত তলের ডেভেলপমেন্ট নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ১.৯২ : একটি মোচাকৃতি বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা।

কিন্তু প্রযুক্তিগতভাবে একটি মোচাকৃতি বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন করতে, ১.৯২ চিত্র অনুযায়ী প্রথমতঃ উহার নিচের দিকের বৃত্তের পরিমাপ অনুযায়ী একটি বৃত্ত অঙ্কন করে উহাকে ষোলভাগে বিভক্ত করা হয়। অতঃপর উহার নিচের দিকে বস্তুটির সম্মুখ নকশা এঁকে উপরের নকশার ভাগের দাগের সমান্তরালে উহার ভূমির উপর বিভক্তকরণ দাগ টানতে হয়। অতঃপর বস্তুটির হেলানো রেখার পরিমাপ অনুযায়ী একটি অর্ধবৃত্ত আঁকা হয় এবং পরিমাপ মোচাকৃতি বস্তুটির প্রকৃত দৈর্ঘ্য বা হেলানো উচ্চতা বলে প্রতীয়মান হয়। উহাকে চিত্রে R নামে চিহ্নিত করা হয়েছে। এই ডেভেলপমেন্ট বৃত্তের পরিধিতে উপরের নকশার বৃত্তের বিভক্তিকরণ দাগ অনুসারে ষোলটি ভরের সমান দাগ টেনে প্রথম OA এবং শেষের OA যোগ করলেই উহার ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কিত হয়।

(ঠ) **সোজাভাবে ছেদনকৃত মোচাকৃতি বস্তু :** একটি মোচাকৃতি বস্তুর উপরের দিক থেকে আংশিকভাবে ছেদন করে সেই পরিমাপ মোতাবেক প্রথমতঃ উহার

চিত্র ১.৯৩ : একটি সোজাভাবে ছেদনকৃতি মোচাকৃত বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা।

সম্মুখ নকশা অঙ্কন করতে হয়, অতঃপর উহার ছেদনকৃত অংশের কেন্দ্রবিন্দু থেকে উহার পার্শ্বদেশের দৈর্ঘ্য মোতাবেক প্রকৃত দৈর্ঘ্য অঙ্কন করা হয় এবং উহাকে R_1 নামে চিহ্নিত করা হয়। মোচাকৃত বস্তুর যে অংশটি কেটে ফেলা হয়েছে, উক্ত অংশের প্রকৃত দৈর্ঘ্য R_2 ধরা হয়েছে।

অতঃপর সম্মুখ নকশার সমান্তরাল প্রোজেকশন রেখা টেনে উহার উপরের নকশা অঙ্কন করা হয়। মোচাকৃতি বস্তুটির উপর এবং ভূমি গোলাকার বিধায় উহার উপরের নকশা দুটি বৃত্তরূপ ধারণ করে। এরপর বাইরের বৃত্তের পরিধিকে ১.৯৩ চিত্র অনুযায়ী ষোলভাগে বিভক্ত করা হয়। অতঃপর সম্মুখ নকশাতে দুটি বাহুর প্রকৃত দৈর্ঘ্য R_1 ও R_2 অনুযায়ী ডেভেলপমেন্ট নকশার O বিন্দুতে পরপর দুটি অর্ধবৃত্ত অঙ্কন করা হয় এবং অর্ধবৃত্তের বাইরের বৃত্তচাপকে মোট ষোলভাগে ভাগ করে উহার উভয় কর্ণকে O বিন্দুর সঙ্গে যোগ করে দেয়া হয়। সম্মুখ নকশার CA, ডেভেলপমেন্ট নকশার CA এর সমান, তাহলে এই ডেভে-লপমেন্ট নকশার ক্ষেত্রের পরিমাপ সোজাভাবে ছেদনকৃত বস্তুটির ক্ষেত্রের সমান হবে।

প্রশ্নমালা

১। (ক) কারিগরি বা প্রকৌশল-অঙ্কন (Engineering Drawing) বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা কত প্রকার ও কি কি?
(গ) একটি যান্ত্রিক অঙ্কনের চিত্র এঁকে দেখাও।

২। (ক) নকশা অঙ্কন প্রক্রিয়া বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা কত প্রকার ও কি কি? উহাদের পার্থক্য দেখাও।
(গ) একটি যন্ত্রের যন্ত্রীয় নকশা অঙ্কন কর।

৩। (ক) "বহুভুজ" বলতে কি বুঝ?
(খ) একটি "ষড়ভুজ" এঁকে দেখাও।
(গ) একখণ্ড সুতার সাহায্যে একটি ইলিপ্স অঙ্কন কর।

৪। (ক) পিকটোরিয়াল অঙ্কন বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহাকে সাধারণত কি কি নামে শ্রেণীভেদ করা যায়?
(গ) আইসোমেট্রিক নকশা কি? একটি দালানের আইসোমেট্রিক নকশা অঙ্কন করে দেখাও।

৫। (ক) "প্রোজেকশন নকশা" বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা সাধারণত কত প্রকার ও কি কি?
(গ) একটি ঘনবস্তুর "অর্থোগ্রাফিক প্রোজেকশন নকশা" অঙ্কন করে দেখাও।

৬। (ক) অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কনের নিয়মগুলি লিখ।
(খ) কর্তিত নকশা (sectional view) বলতে কি বুঝ।
(গ) এই নকশা অঙ্কনের প্রয়োজনীয়তা বা গুরুত্ব বর্ণনা কর।
(ঘ) উদাহরণস্বরূপ একটি বস্তুকে পূর্ণ কর্তন করার নকশা অঙ্কন কর।

৭। (ক) একটি বুশ বিয়ারিং-এর অর্ধ-কর্তিত নকশা (Half sectional view) অঙ্কন করে দেখাও।
(খ) চিত্রসহ সংযোজিত কর্তিত নকশার গুরুত্ব (Assembled sectional view) বর্ণনা কর।

৮। (ক) ডেভেলপমেন্ট বা বিস্তার নকশা (Development view) বলতে কি বুঝ?
(খ) এই নকশা অঙ্কনের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।
(গ) একটি আট তলবিশিষ্ট বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন কর।
(ঘ) একটি প্রিজমের ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন কর।

৯। (ক) একটি সিলিণ্ডারের ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন কর।
(খ) অঙ্কন প্রণালী উল্লেখ করে একটি পিরামিড-এর ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন কর।
(গ) একটি মোচাকৃতি (cone) বস্তুর ডেভেলপমেন্ট নকশা অঙ্কন কর।

১০। (ক) 'স্কেল' বলতে কি বুঝ? উহা কত প্রকার ও কি কি? উহাতে R. F ব্যবহারের প্রয়োজন কি?
(খ) তোমার পছন্দ মত যে কোন দুই প্রকার স্কেল অঙ্কন করে দেখাও।

১১। ১ ফুটকে ১$\frac{১}{৪}$ ইঞ্চি নির্দেশ করে ইঞ্চি ও ফুটের সমন্বয়ে এমন একটি সরল বা সাধারণ স্কেল অঙ্কন কর, যা থেকে ৫ ফুট পর্যন্ত দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা সম্ভব হয়। উপরন্তু, এতে ৩ ফুট ৮ ইঞ্চি দৈর্ঘ্য দেখাও।

১২। ১০ মিলিমিটার দ্বারা ৫০ মিলিমিটার নির্দেশ করে এমন একটি সরল স্কেল অঙ্কন কর, যাতে সেন্টিমিটার ও মিলিমিটার উভয়ই লিপিবদ্ধ করে দেখাতে হবে।

১৩। এমন একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন কর, যার R. F. = $\frac{১}{২০০০}$ যাতে ১ মিটার থেকে ৪০০ মিটার পর্যন্ত দূরত্ব দেখানো সম্ভব হয় এবং উদ্দিষ্ট স্কেলে ২৭৫ মিটার দূরত্ব চিহ্নিত কর।

১৪। এমন একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন কর, যাতে গজ, ফুট এবং ইঞ্চি দেখিয়ে ১" ইঞ্চি = ১ গজ ধরতে হবে। যা থেকে ৭ গজ পর্যন্ত দৈর্ঘ্য পরিমাপ করা সম্ভব হয় এবং এতে ৫ গজ ২ ফুট ৬ ইঞ্চি দৈর্ঘ্য দেখাতে হবে।

১৫। একটি মানচিত্রে ১ বর্গ সেন্টিমিটার পরিমাপ আয়তাকার ক্ষেত্র ১৬ বর্গ কিলোমিটার মাপের সদৃশ আয়তাকার ক্ষেত্র নির্দেশ করে। কিলোমিটার মাপ দেখাবার উপযোগী একটি সরল স্কেল অঙ্কন কর এবং এতে ৪৫ কিলোমিটার দৈর্ঘ্য দেখাও।

১৬। একটি গোল স্তম্ভাকার জলাধারের উপরিভাগ ৫০০ গ্যালন হারে চিহ্নিত করা আছে। জলাধারটির ভিতরের ব্যাস ১৫ ফুট। অঙ্কনীয় সরল স্কেলের R. F. ১/৯৬ এবং ১ ঘনফুট পানি = ৬.২৫ গ্যালন, স্কেলটি অঙ্কন কর।

১৭। ১/২৫ R. F. নিয়ে মিটার, ডেসিমিটার এবং সেন্টিমিটার সম্পর্কিত একটি কর্ণ বা ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন কর এবং এতে ২ মিটার ৬ ডেসিমিটার ৫ সেন্টিমিটার পরিমাপ চিহ্নিত কর।

১৮। একটি মানচিত্রে ১ ইঞ্চি দৈর্ঘ্য = ১ মাইল দূরত্ব নির্দেশ করে। মাইল, ফার্লং এবং কমপক্ষে ২২ গজ দূরত্ব দেখিয়ে একটি ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন কর এবং এতে ৪ মাইল ৫ ফার্লং ১০০ গজ দূরত্ব দেখাও।

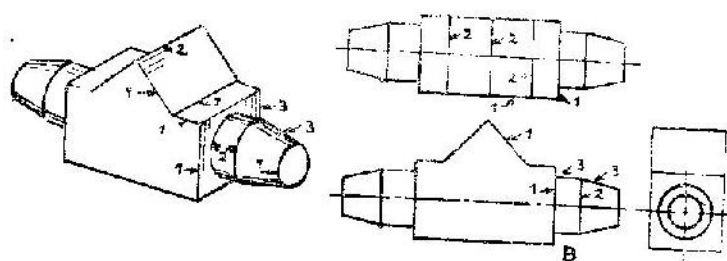
১৯। একটি ফুল সাইজ (১ : ১) ডায়াগোনাল স্কেল অঙ্কন কর, যাতে সেন্টিমিটার, মিলিমিটার নির্দেশ এবং মিলিমিটারকে দশমাংশে পরিণত করে দেখাতে হবে।

দ্বিতীয় অধ্যায়

রৈখিক তল ও ইন্টারসেকশন

রেখাসমূহের ধারণা

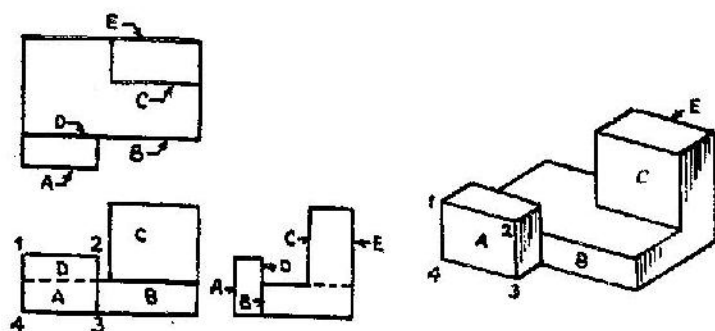
অনেকগুলি সরল, বক্র, হেলানো, খাড়া অথবা সমান্তরাল রেখাসমূহের দ্বারা একটি আইসোমেট্রিক নকশা গঠিত হয়। আবার সেই নকশাকে অর্থোগ্রাফিক নকশায় পরিণত করলে, উহার পূর্বেকার রেখাসমূহের অনেকটা পরিবর্তন সাধিত হয়। আইসোমেট্রিক নকশার আকার পরিবর্তনশীল রেখাগুলো চিহ্নিত করে উহা অর্থোগ্রাফিক নকশার বিভিন্ন রেখায় লিপিবদ্ধ করলে নকশায় রেখাসমূহের অর্থ অনুধাবন করা যায়।

২.১ চিত্রে একটি আইসোমেট্রিক ও অপরটি অর্থোগ্রাফিক নকশার সেই রেখার ব্যবহার ও চিহ্নিতকরণের ধারণা দেওয়া হয়েছে। উক্ত রেখাসমূহ এক

চিত্র ২.১ : নকশায় রেখাগুলোর ধারণা।

একটি তলের প্রান্তদেশের নকশা (end view) পরস্পর দুটি তলের (surface) ইন্টারসেকশন অথবা তলের বহির্দেশীয় রেখা নির্দেশ করে। উদাহরণস্বরূপ, চিত্রে 1 নম্বর রেখায় তলসমূহের পার্শ্বতল, এমনকি তলসমূহের ইন্টারসেকশন নির্দেশ করছে। 2 নম্বর রেখা, তলসমূহের ইন্টারসেকশন এবং 3 নম্বর রেখাসমূহ বস্তু বা যন্ত্রটির একটি যন্ত্রাংশ বা উপাদান নির্দেশ করছে।

সমান্তরাল তলের ধারণা

প্রকৃতপক্ষে, তিন বা ততোধিক রেখা দ্বারা সীমাবদ্ধ ক্ষেত্রকে তল বলে। অর্থোগ্রাফিক নকশায় যে তিনটি চিত্র তুলে ধরা হয়, তা হলো, উপরের নকশা

(top view), সম্মুখ নকশা (front view) এবং পার্শ্ব দেশের নকশা (side view)। এই নকশাগুলিতে তল দেখানো সম্ভব নয় বলেই আইসোমেট্রিক নকশাতে তলসমূহের যে নাম A, B, C, D, E, F প্রভৃতি দ্বারা প্রকাশ করা হয়; অর্থোগ্রাফিক নকশায় এই নামগুলো তল সংলগ্ন রেখার সঙ্গে লিপিবদ্ধ করা হয়। তাহলে,

চিত্র ২.২ : সমান্তরাল রেখা দ্বারা অঙ্কিত প্রান্তরাল তলের ধারণা ও সহজে চিহ্নিতকরণ প্রক্রিয়া।

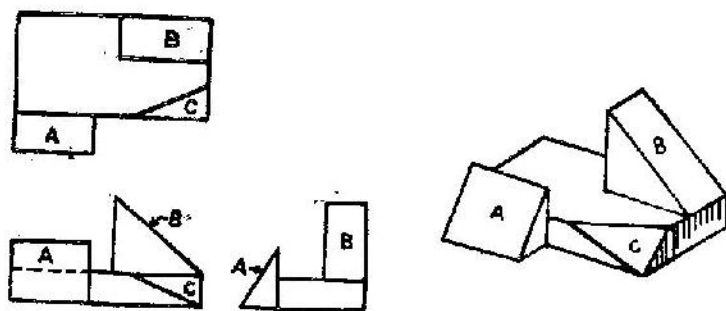
অর্থোগ্রাফিক নকশা থেকে সহজে আইসোমেট্রিক নকশা এবং আইসোমেট্রিক নকশা থেকে অর্থোগ্রাফিক নকশা অঙ্কনে খুব সুবিধা হয়। ২.২ চিত্রে সমান্তরাল রেখার সাহায্যে অঙ্কিত তলসমূহকে A, B, C, D, E এবং তলসমূহের ইন্টারসেকশন রেখাসমূহকে 1, 2, 3, 4 দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে।

উক্ত চিত্রানুযায়ী, যখন বস্তুটিকে সম্মুখ থেকে দেখা যায়, তখন উহার তিনটি স্পষ্ট তল এবং দুটি অস্পষ্ট তল পরিলক্ষিত হয়। তল A কে চারটি রেখা দ্বারা বুঝানো হয়, যেমন: 1—2, 2—3, 3—4, এবং 4—1 এবং অন্যান্য নকশায়ও এই নম্বর লিপিবদ্ধ করা হয়। সম্মুখ নকশায় A তলটি সবচেয়ে স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয়, কারণ উহা দর্শকের সন্নিকটে থাকে। একই উদ্দেশ্যে B ও C তলসমূহও চিহ্নিত করা হয়। B তলটি A তলের তুলনায় একটু ভেতরে এবং C তলের সামনে আছে, যা বস্তুটির পার্শ্ব ও উপর-নকশা থেকে দৃশ্যমান হয়।

বস্তুটির D ও E তলদ্বয় উপরের নকশায় দেখা যায় না বলে উহা ডটেড (hidden or dotted) রেখা টেনে বুঝানো হয়। পার্শ্বদেশের নকশায় দুটি স্পষ্ট এবং দুটি অস্পষ্ট তল থাকে।

হেলানো তলের ধারণা

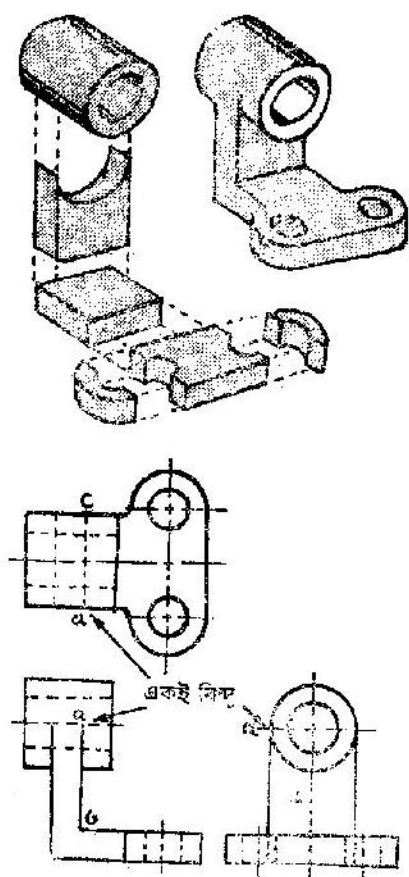
হেলানো রেখা দ্বারা আইসোমেট্রিক নকশা প্রস্তুত করা হলে, অর্থোগ্রাফিক নকশারও হেলানো রেখার সমাবেশ থাকে। ২.৩ চিত্রে হেলানো রেখা দ্বারা অঙ্কিত হেলানো তলের ধারণা ও সহজে চিহ্নিতকরণ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

উক্ত নকশায় তল A দর্শকের সম্মুখে অবস্থান করছে, যা সম্মুখীয় ও আনুভূমিক প্লেনদ্বয়ের সঙ্গে হেলানোভাবে সংযুক্ত আছে। পার্শ্বদেশের নকশায় প্লেনের সঙ্গে এই তলসমূহ খাড়াভাবে এবং একই রেখাতে অবস্থান করছে। তল B

চিত্র ২.৩ : হেলানো রেখা দ্বারা অঙ্কিত হেলানো তলের ধারণা ও সহজে চিহ্নিতকরণ প্রক্রিয়া।

আনুভূমিক এবং পার্শ্ব দেশের প্লেনে হেলানোভাবে এবং সম্মুখ প্লেনে খাড়াভাবে দণ্ডায়মান হয়ে একই প্লেনে একটি রেখারমত অবস্থান করছে। তল C, তিনটি প্লেনেই হেলানোভাবে অবস্থান করছে। সম্মুখ নক্সায় যে তলটি দেখা যাচ্ছে না, সেই প্লেনকে ডটেড লাইন দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। এই তলের রেখা এর যে ইন্টারসেকশনে মিলেছে, সেই মিলন কর্ণসমূহকে সংখ্যা বা অক্ষর দ্বারা চিহ্নিত করা চলে।

বক্রতল ও সমতলের ধারণা

বিয়ারিং, সিলিণ্ডার, সিলিণ্ডারের অংশসমূহ, আয়তক্ষেত্রিক প্রিজম প্রভৃতির নকশা প্রস্তুত করতে একাধিক বক্রতল ও সমতলের প্রয়োজন হয়। উহাদের বিভিন্ন প্রকার নকশা প্রস্তুত করতে উক্ত তলসমূহ কিছু স্পষ্ট রেখা এবং কতকগুলি

অস্পষ্ট রেখা ব্যবহৃত হয়। ২.৪ চিত্রে একটি বিয়ারিং এবং বিভিন্ন প্রকার পিকটোরিয়াল নকশা দেখানো হয়েছে। উল্লেখ্য যে, পার্শ্বদেশের নকশায় A তল

চিত্র ২.৪ : একটি বিয়ারিং-এর পিকটোরিয়াল নকশায় ব্যবহৃত বিভিন্ন বক্রতল এবং সমতলের ধারণা ও চিহ্নিতকরণ প্রক্রিয়া।

পূর্ণরেখা দ্বারা, সম্মুখ নকশায় উহা স্পষ্ট রেখা ab দ্বারা এবং উপরের নকশায় (top view) হালকা বা অস্পষ্ট রেখা ac দ্বারা দেখানো বা বুঝানো হয়েছে।

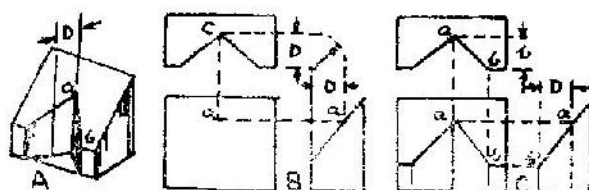
এই তিনটি নকশা একটি অপরটির সঙ্গে তুলনা করলে বুঝা যাবে যে, কিভাবে এই সকল নকশার বিভিন্ন অংশকে তুলে ধরা বা বর্ণনা করা হয়েছে। এই

নকশাগুচ্ছের স্পষ্ট অথবা অস্পষ্ট রেখাসমূহের ক্ষেত্রবিশেষে ব্যবহার এবং বিন্যস্ত করে এই তিনটি নকশায় উক্ত রেখাসমূহের প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা করলেই বিয়ারিং-এর পূর্ণ বর্ণনা সম্পন্ন হয়। এই তিনটি নকশা বলতে বিয়ারিং-এর উপরের (top), সম্মুখ (front) এবং ডান পার্শ্বের চিত্রসমূহকেই বুঝানো হয়েছে। এখন আমরা চেষ্টা করে দেখতে পারি যে, বিয়ারিংটির তলদেশ (bottom), পিছন (rear) এবং বামপার্শ্বের নকশাসমূহ দেখতে কেমন হওয়া উচিত; তদুপরি কোন রেখাসমূহ স্পষ্ট এবং কোনগুলি অস্পষ্ট বা ডটেড হওয়া উচিত।

তবে, এটা স্পষ্ট যে, উপরিউক্ত সম্মুখ নকশায় উল্লেখিত a বিন্দু ডান পার্শ্বের নকশার ট্যানজেন্ট বা স্পর্শক বিন্দু হিসেবে চিহ্নিত হয়েছে।

রেখাসমূহের প্রোজেকশন (Projection of lines)

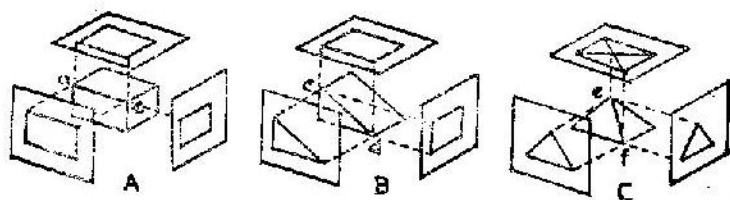
এই প্রোজেকশন বলতে সরল বিন্দুসমূহের, সরলরেখাসমূহের, বক্র রেখাসমূহের, প্লেন তলসমূহের, বক্রতলসমূহের প্রোজেকশন প্রভৃতি বুঝায়।

(ক) সরল বিন্দুসমূহের প্রোজেকশন (Projections of points)ঃ কোন একটি আইসোমেট্রিক নকশায় যে সকল বিশেষ রেখার সমাবেশ থাকে, সেই রেখাগুলিতে

চিত্র ২.৫ : নকশা অঙ্কন ও পরিস্ফুটনে বিন্দুসমূহের ব্যবহার।

অর্থোগ্রাফিক নকশাসমূহে ফুটিয়ে তোলার সুবিধার্থে বিশেষ বিন্দুসমূহ থেকে প্রোজেকশন রেখা টেনে নকশার পূর্ণতা ফিরিয়ে আনা হয়। ২.৫ চিত্রে নকশা অঙ্কন ও পরিস্ফুটনে বিন্দুসমূহের ব্যবহার দেখানো হয়েছে।

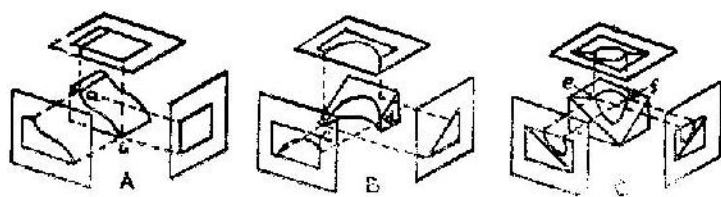
এই চিত্রের বিশেষ বিন্দু a এবং দূরত্ব D দ্বারা চিহ্নিত করা হয়েছে। উক্ত বিন্দু ও দূরত্বের পরিমাপ দ্বারা তিনটি নকশা (three views) অঙ্কন করা হয়েছে। B নম্বর চিত্রে নোচবিশিষ্ট ব্লকটির (Notched block) উপরের নকশা দেখানো হয়েছে। পার্শ্বদেশের নকশায় a বিন্দু এবং D দূরত্ব চিহ্নিত আছে, যা উপরের নকশা থেকে নেয়া হয়েছে। সম্মুখ নকশায়, a বিন্দুকে প্রোজেকশন

রেখা টেনে নিচের দিকে এবং পার্শ্বদেশের নকশা থেকে আড়াআড়িভাবে টেনে খাঁজের বিন্দু চিহ্নিত করে দেখানো হয়েছে। C চিত্রেও একই নিয়মে A ও B এর মত বিন্দুসমূহ চিহ্নিত করে নকশাটির পূর্ণতার রূপ দেয়া হয়।

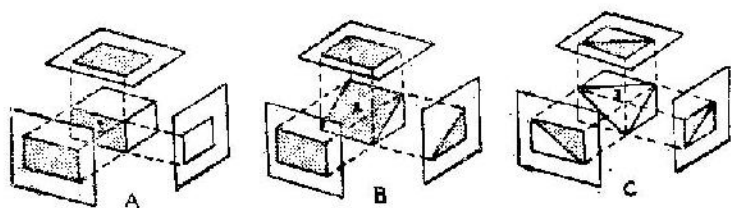
(খ) সরলরেখাসমূহের প্রোজেকশন (Projection of straight lines): একটি সরলরেখাকে যখন প্রোজেকশনের দুটি প্লেনে টানা হয়, তখন ইহা বস্তু বা বস্তাংশের প্রকৃত দৈর্ঘ্য নির্দেশ করবে। A চিত্রে রেখা ab সম্মুখ ও উপরের

চিত্র ২.৬ : সরলরেখার প্রোজেকশনের দ্বারা অঙ্কিত নকশা।

নকশায় ইহার প্রকৃত দৈর্ঘ্য নির্দেশ করছে; ২.৬ চিত্রে এই সরলরেখার প্রোজেকশনের দ্বারা অঙ্কিত নকশা দেখানো হয়েছে। A চিত্রের ab রেখা পার্শ্বদেশের নকশার একটি বিন্দুও নির্দেশ করছে। B চিত্রে cd সরলরেখা দ্বারা ত্রিভুজ আকৃতির একটি ব্লকের লম্বা বাহুর প্রকৃত দৈর্ঘ্য দেখানো হয়েছে। অপর দিকে, C চিত্রে একটি পিরামিড আকৃতির ব্লকে ef সরলরেখা দ্বারা হেলানো সরল বাহুর প্রকৃত দৈর্ঘ্য দেখানো হয়েছে।

তবে উক্ত চিত্র তিনটিতে তিন রকম বস্তু থাকায় উহাদের বাহুগুলির প্রকৃত দৈর্ঘ্য এ রকম হয় না, যদিও উহাদের ভূমির পরিমাপ সমান।

(গ) বক্র রেখাসমূহের প্রোজেকশন (Projection of curved lines): একটি প্লেন সমান্তরাল থেকে একটি প্রোজেকশনের প্লেনে একটি বক্র রেখা টানলে,

চিত্র ২.৭ : বক্ররেখার প্রোজেকশনের দ্বারা অঙ্কিত নকশা।

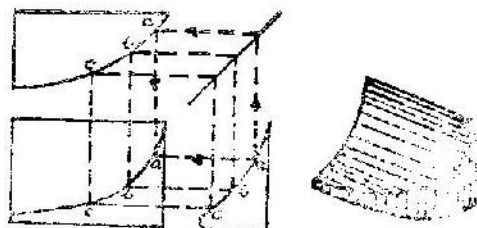
উহা ঐ প্লেনের উপরে প্রকৃত আকৃতি প্রদর্শন করবে। A চিত্রের ab রেখা সম্মুখীয় প্লেনের দিকে এবং সম্মুখ নকশায় ইহার প্রকৃত আকৃতি দেখাবে। ২.৭ চিত্রে বক্র রেখার প্রোজেকশনের দ্বারা অঙ্কিত নকশা দেখানো হয়েছে, যার ab রেখা উপর এবং পার্শ্বদেশের নকশায় সরলরেখা নির্দেশ করছে। B চিত্রের cd রেখা সম্মুখ ও উপরের নকশায় ইহার প্রকৃত আকৃতি দেখায় না, কিন্তু পার্শ্বদেশের নকশায় একটি রেখা নির্দেশ করে। C চিত্রে ef রেখার মত, একটি প্লেনের বক্র রেখা ; প্রোজেকশনের তিনটি প্লেনের প্রতি ইহার কোন প্রকৃত আকৃতি প্রদর্শন করে না। কিন্তু প্রোজেকশন রেখা দ্বারা নকশা তিনটির প্রকৃত রেখাসমূহের মোটামুটি অবস্থান নির্দেশ করা যায়।

(ঘ) **প্লেন তলসমূহের প্রোজেকশন ঃ** একটি তল প্রোজেকশনের প্লেনের প্রতি সমান্তরাল হলে উহা ইহার প্লেনের উপর প্রকৃত আকৃতি নির্দেশ করবে। A চিত্রের

চিত্র ২.৮ : প্লেন তলসমূহের প্রোজেকশন দ্বারা অঙ্কিত নকশা।

1 নম্বর তল সম্মুখ-প্লেনের সাথে সমান্তরাল হয় এবং ইহা সম্মুখ নকশায় ইহার প্রকৃত আকৃতি নির্দেশ করে। A এর 1 নম্বর তল আনুভূমিক প্লেনের সাথে খাড়াভাবে দণ্ডায়মান হয়ে উপরের নকশায় একটি রেখা হিসেবে চিহ্নিত হচ্ছে।

২.৮ চিত্রে প্লেন তলসমূহের প্রোজেকশন দ্বারা অঙ্কিত নকশা দেখানো হয়েছে। ইহার B চিত্রের 2 নম্বর তল, সম্মুখ ও সমান্তরাল প্লেনের প্রতি হেলানো-ভাবে অবস্থান করে তুলনামুলকভাবে ছোট আকৃতিতে সম্মুখ ও উপরের নকশায় দৃশ্যমান হচ্ছে। যেহেতু 2 নম্বর তল, পার্শ্ব প্লেনের দিকে খাড়াভাবে দণ্ডায়মান, তাই ইহা পার্শ্বদেশের নকশায় একটি রেখা হিসেবে চিহ্নিত হয়েছে। আবার C চিত্রের 3 নম্বর তলে কোনক্রমেই প্রোজেকশনের তিনটি প্লেনের দিকে একটি তল খাড়াভাবে দণ্ডায়মান অবস্থায় প্রকৃত আকৃতি নির্দেশ করে না।

(ঙ) **বক্রতলসমূহের প্রোজেকশন** (Projections of curved surfaces) ; কোন বস্তু অথবা যন্ত্রাদির বক্র তলের প্রোজেকশন অঙ্কন করতে গেলে নকশাতে একাধিক

বিন্দু আরোপের প্রয়োজন হয়। ২.৯ চিত্রে বক্রতলসমূহের প্রোজেকশন দ্বারা অঙ্কিত নকশা দেখানো হয়েছে। এতে সম্মুখ নকশার বক্রতলে যে সমস্ত প্রচলিত বিন্দু a, b, এবং c পার্শ্বদেশের নকশার উপরে লওয়া হয়েছে, উহা থেকে

চিত্র ২.৯ : বক্রতলসমূহের প্রোজেকশন দ্বারা অঙ্কিত নকশা।

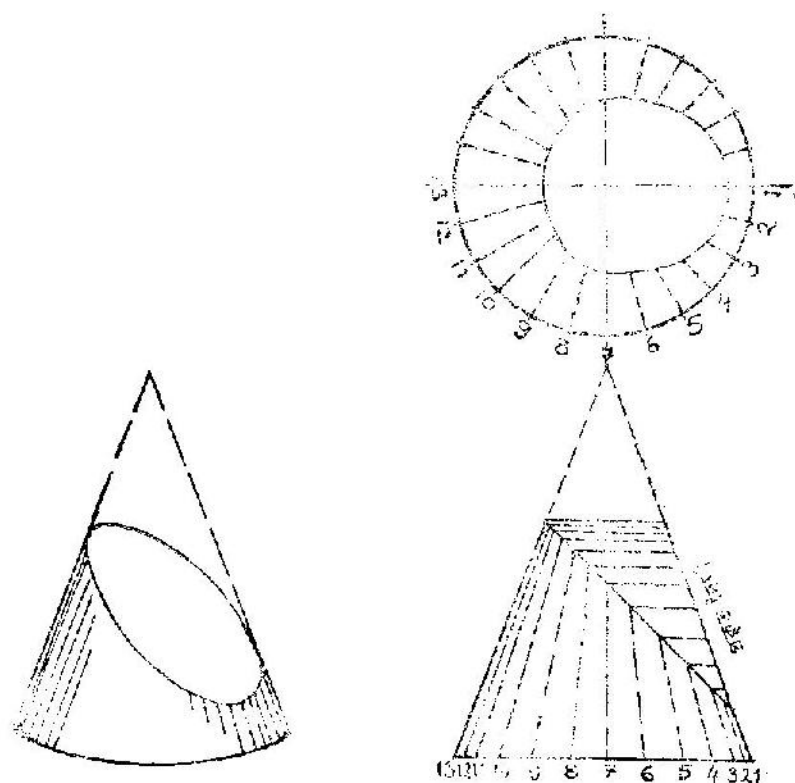
প্রোজেকশন রেখা টেনে উপরের নকশা (top view) পর্যন্ত সংযুক্ত করা হয়েছে। পরবর্তী পদক্ষেপ হলো, পার্শ্বদেশ এবং উপরের নকশা থেকে প্রোজেকশন রেখা টেনে সম্মুখ নকশার সঙ্গে সংযুক্ত করা। অতঃপর এই বিন্দুসমূহের মাধ্যমে একটি সমান এবং মসৃণ বক্ররেখা অঙ্কন করে বক্ররেখার বা বক্রতলের প্রোজেকশন নকশা প্রস্তুতের কাজ সম্পন্ন করা হয়।

একটি কোন্ বা মোচাকৃতি বস্তুর ফ্রাস্টাম নকশা (Frustum of a Cone)

যখন একটি পিরামিড অথবা কোন্-এর উপরের দিকে আংশিক কেটে ফেলা হয়, তখন উহার অবশিষ্ট অংশকে ফ্রাস্টাম বলে; উহাকে অন্য কথায় ট্রানকেটেডও (truncated) বলা হয়।

২.১০ চিত্রে একটি কোন্-এর ফ্রাস্টাম নকশা অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। উহার আইসোমেট্রিক নকশায় উপরের কৌণিক বিন্দু থেকে দুটি বৃত্তচাপ বিবেচনা করা হয়, যার প্রথমটি R_1 এবং দ্বিতীয়টি R_2। উহার কর্তনকৃত অংশে প্রোজেকশন রেখা টেনে কর্তন অংশের পরিমাপ দেখানো হয়েছে। এখন কোন্-এর পূর্ণ ও কর্তিত অংশের ব্যাস অনুযায়ী দুটি বৃত্ত টেনে উহার উপরের নকশা (top view) এবং উপর থেকে নিচের দিকে প্রোজেকশন রেখা টেনে কোন্-এর সম্মুখ নকশা (front view) এঁকে অঙ্কন কার্য সমাপন করা হয়।

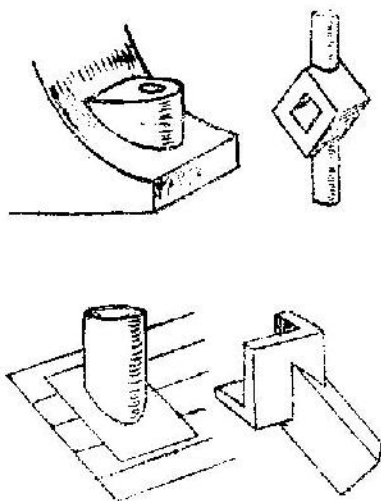
এখন $OC = R_2 =$ কোন্টির কর্তন অংশ এবং $AC = R_1 - R_2 =$ কোন্টির ফ্রাস্টাম অংশ। কোন্টির উপরের ও সম্মুখ নকশায় কেন্দ্ররেখা (centre line)

নকশাটির পূর্ণতা ফিরিয়ে আনা হয়। এখানে, R_2 ও R_1 বৃত্তচাপদ্বয় কোন্‌টির উচ্চতার হেলানো রেখার প্রকৃত দৈর্ঘ্য।

চিত্র ২.১০ : একটি কোন্‌-এর ফ্রাস্টাম নকশা।

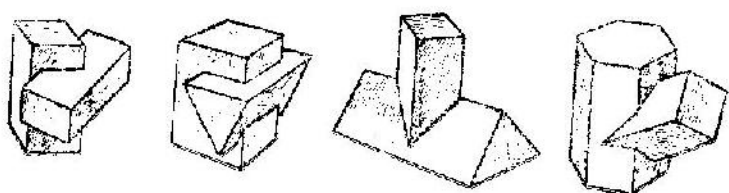
ইন্টারসেকশন (Intersection)

যখন একাধিক তল এক হয়ে একে অপরের সঙ্গে মিলে যায়, তখন এই তল-সমূহের মধ্যেকার সাধারণ রেখাকে 'ইন্টারসেকশন রেখা' (Line of intersection) এবং একাধিক তলের সাধারণ কর্তন বা সেকশনকে 'ইন্টারসেকশন' বলে।

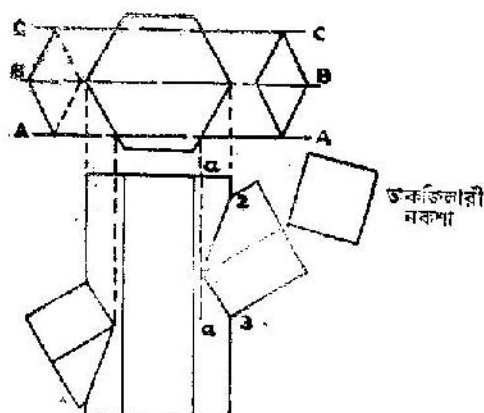
২.১১ চিত্রে চার প্রকার যন্ত্রাংশের ইন্টারসেকশন দেখানো হয়েছে। যন্ত্রাদির নকশা প্রস্তুতকারী (machine designer) এবং ধাতব পাতের কারিগর বা মিস্ত্রিগণ

প্রয়োজনীয় কাজের জন্য এই ধরনের নকশা ব্যবহার করে থাকেন। ধাতু সংযোজন কাজে এই নকশার ব্যবহার সমধিক।

চিত্র ২.১১ : চার প্রকার যন্ত্রাংশের ছেদন বা ইন্টারসেকশন।

প্রিজম-এর ইন্টারসেকটিং নকশা (Intersecting prism)

কাঠ, লোহা প্রভৃতি নির্মিত বিভিন্ন আকৃতির প্রিজমসমূহকে একটি অপরটির সঙ্গে খাঁচ কেটে সংযোগ করার জন্য ইন্টারসেকটিং নকশা অনুসরণ করা হয়। ২.১২ চিত্রে প্রিজম ইন্টারসেকটিং-এর বিভিন্ন উদাহরণ দেখানো হয়েছে।

চিত্র ২.১২ : প্রিজম ইন্টারসেকটিং-এর বিভিন্ন (চারটি) উদাহরণ।

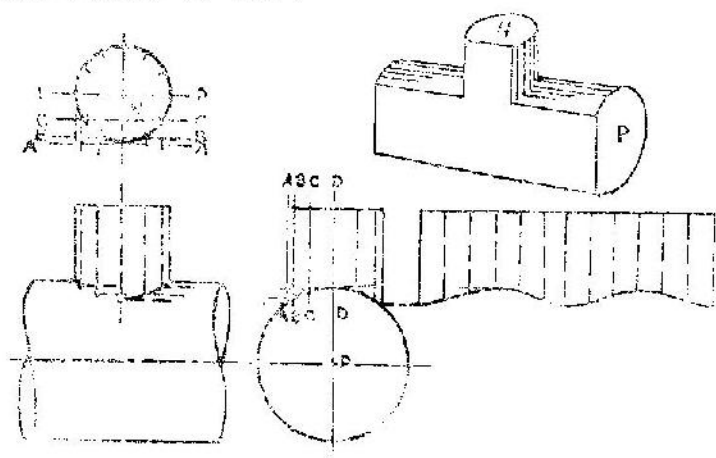
দুটি প্রিজমের ইন্টারসেকশন অঙ্কন করতে হলে প্রথমতঃ উহার অর্থোগ্রাফিক নকশা প্রস্তুত করা হয়। উদাহরণস্বরূপ, ২.১৩ চিত্রে একটি বর্গাকৃতি প্রিজম,

একটি ষড়ভুজাকৃতি প্রিজমের মধ্য দিয়ে ভেদকৃত ইন্টারসেকটিং নকশা অঙ্কন করা হয়েছে। বর্গাকৃতি প্রিজমের সামনের ধারের মধ্য দিয়ে একটি প্লেন, খাড়া প্লেনের দিকে সমান্তরালভাবে প্রবেশ করে। এই প্লেনের উপরের নকশা, AA রেখাতে প্রদর্শন করা হয়েছে। খাড়া প্রিজমের একটি প্রান্তের (face) সঙ্গে AA প্লেনের ইন্টারসেকশন সম্মুখ নকশায় aa লাইনে দেখানো হয়েছে, যা খাড়া প্রিজমের 1 নম্বর বিন্দুতে বর্গাকৃতি প্রিজমের সম্মুখপার্শ্ব দ্বারা আড়াআড়িভাবে ভেদ করেছে। উভয় প্রিজমের উপরে বিন্দু 1 একটি সাধারণ বিন্দু এবং এজন্য ইহাই কাঙ্ক্ষিত ছেদন বা ইন্টারসেকশনের একটি বিন্দু।

চিত্র ২.১১ঃ একটি ষড়ভুজাকৃতি প্রিজমের মধ্য দিয়ে একটি বর্গাকৃতি প্রিজম কর্তৃক ভেদকৃত ইন্টারসেকটিং নকশা।

প্লেন BB, প্লেন AA এর সমান্তরাল, যা খাড়া প্রিজমের একটি পার্শ্ব বা ধার এবং হেলানো প্রিজমের একটি ধার ধারণ করে। উহা আবার সম্মুখ নকশায় 2 নম্বর বিন্দুতে মিশে যায়। প্লেন BB আবার 3 নম্বর বিন্দুর সিদ্ধান্ত দেয়। এই প্লেনসমূহকে 'কর্তন প্লেন' (cutting plane) বলা হয় এবং এগুলি ইন্টারসেকশন অঙ্কনাদির অধিকাংশ সমস্যার সমাধান করে দেয়। প্রিজমকে ইন্টারসেকট করার জন্য ইন্টারসেকশনের রেখার সীমাবদ্ধতায় উভয় প্রিজমের উভয় ধারের মাধ্যমে প্লেনসমূহ প্রবেশ করানো হয়। যেখানে, একই প্লেনের আড়াআড়ি ধারা দ্বারা রেখাসমূহ উভয় প্রিজম থেকে কর্তিত হয়, সেখানে ইন্টারসেকশনের প্রয়োজনীয় রেখার উপর একটি বিন্দু থাকে।

সিলিন্ডারের ইন্টারসেকটিং নকশা (Intersecting cylinders)

২.১৪ চিত্রে দুটি সিলিণ্ডারের ইন্টারসেকটিং নকশা দেখানো হয়েছে। যেহেতু, এই সিলিণ্ডারদ্বয়ের উপরে কোন ধার বা কোনা নেই; তাই, কর্তন প্লেনের জন্য নির্দিষ্ট বিন্দু নির্ধারণই মূলতঃ প্রয়োজন হবে।

চিত্রানুযায়ী, প্লেন A A হলো খাড়া সিলিণ্ডার (N) এর সম্মুখ রেখা এবং সমান্তরাল সিলিণ্ডার থেকে একটি রেখে কেটে নেয়া হয়। যেখানে, সম্মুখ নকশার এই রেখা ইন্টারসেক্ট হয়, সেখানে প্রয়োজনীয় বক্ররেখার উপরে একটি বিন্দু

চিত্র ২.১৪ : দুটি সিলিণ্ডারের ইন্টারসেকটিং নকশা।

থাকে। উভয় সিলিণ্ডারদ্বয় থেকে প্রত্যেক প্লেন রেখাসমূহকে কর্তন করে, যা উভয় সিলিণ্ডারের সাধারণ বিন্দুসমূহে ইন্টারসেকট করে। এই ইন্টারসেকটিং বিন্দুসমূহকে খাড়া সিলিণ্ডারের উপরের নকশায় (top view) এবং সম্মুখ নকশার উপরে ও নিচে A, B, C ও D দ্বারা সূচিত করা হয়েছে। উপরকার নক্শার পরিধিতে যে ১২ টি ভাগ আছে, উহা দ্বারা ডেভেলপমেন্ট বা বিস্তার নকশায় রূপ দেয়া হলে এই ইন্টারসেকটিং বিন্দুসমূহের উচ্চতার পরিমাণই বিস্তার নকশায় পাতের উঁচু নিচু বা বক্রতলের পরিমাপ নির্দেশ করে। তাই, ইন্টারসেকটিং নকশার সঙ্গে ডেভেলপমেন্ট বা বিস্তার নকশার বেশ যোগসূত্র রয়েছে।

উক্ত চিত্রের ইন্টারসেকশনকে, ৯০° কোণে পাইপের ইন্টারসেকশন নকশা হিসেবেও রূপায়িত করতে পারা যায়, আবার উহাকে T ইন্টারসেকটিং নকশা হিসেবে আখ্যায়িত করলেও অত্যুক্তি হয় না।

প্রশ্নমালা

১। (ক) নকশা অঙ্কনে রেখা ও তলের প্রয়োজনীয়তা কি ?

(খ) সমান্তরাল রেখা দ্বারা একটি চিত্র অঙ্কন করে সমান্তরাল তলের ধারণা দাও।

(গ) হেলানো রেখা দ্বারা একটি চিত্র অঙ্কন করে হেলানো তলের ধারণা দাও।

২। (ক) একটি বিয়ারিং এবং পিকটোরিয়াল নকশা এঁকে তাতে ব্যবহৃত বিভিন্ন তলের (surface) ব্যবহার বর্ণনা কর।

(খ) নকশা অঙ্কন ও পরিস্ফুটনে বিন্দুসমূহের ব্যবহার বর্ণনা কর।

৩। (ক) সরলরেখার প্রোজেকশন দ্বারা একটি নকশা এঁকে দেখাও।

(খ) বক্ররেখার প্রোজেকশন দ্বারা একটি নকশা এঁকে দেখাও।

৪। (ক) প্লেনসমূহের প্রোজেকশন দ্বারা কিভাবে একটি নকশা অঙ্কন করা হয়।

(খ) বক্রতলসমূহের প্রোজেকশন দ্বারা একটি নকশা এঁকে দেখাও।

৫। (ক) একটি মোচাকৃতি বস্তু বা কোন (Cone) এর ফ্রাস্টাম নকশা বলতে কি বুঝ ?

(খ) চিত্রের সাহায্যে উহার ব্যবহার প্রকাশ কর।

৬। (ক) ইন্টারসেকশন বলতে কি বুঝ ?

(খ) প্রিজম ইন্টারসেকটিং-এর কয়েকটি উদাহরণ দেখাও।

৭। (ক) একটি ষড়ভুজাকৃতি প্রিজমের মধ্য দিয়ে একটি বর্গাকৃতি প্রিজম কর্তৃক ভেদকৃত ইন্টারসেকটিং নকশা এঁকে দেখাও।

(খ) দুটি সিলিণ্ডারের ইন্টারসেকটিং নকশা অঙ্কন কর।

৮। (ক) ৯০^{o} কোণে একটি পাইপের ইন্টারসেকশন নকশা অঙ্কন কর।

(খ) গোলাকার T ইন্টারসেকটিং নকশা বলতে কি বুঝ ? উদাহরণসহ বর্ণনা কর।

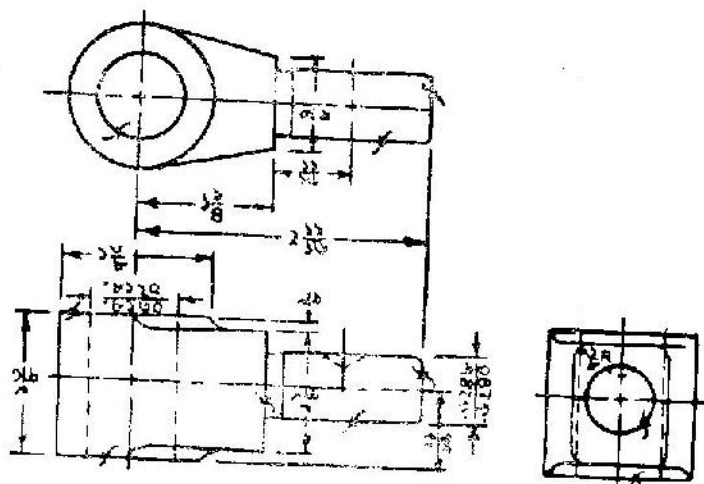
তৃতীয় অধ্যায়

লিমিট, ফিট ও কাপলিং

লিমিট বা সীমা (Limit)

বিভিন্ন কলকারখানায় বিভিন্ন রকমের যন্ত্রপাতি ব্যবহৃত হয়। কারখানায় ফিটিং এবং মেশিন বিভাগের বিভিন্ন কাজ সম্পর্কে দেখা যায় যে, কারিগর যতই দক্ষ এবং অভিজ্ঞ হোন না কেন, কোন যন্ত্র বা বস্তু অধিক পরিমাণ তৈরি করতে হলে প্রতিটি সর্বদা ঠিক একই মাপে তৈরি করা তার পক্ষে কখনও সম্ভব হয় না। প্রস্তুতকারী যন্ত্রাদির ক্ষয়, মেকানিক বা কারিগরের ব্যক্তিগত ত্রুটি, অসাবধানতা ইত্যাদি অনিবার্য কারণে উহাতে কম বা বেশি কিছু ব্যতিক্রম থেকেই যায়। অথচ, মাপে ব্যতিক্রম থাকলে একটি অংশকে অপর অংশের সঙ্গে কখনই ত্রুটিহীনভাবে মিল করানো সম্ভব হয় না। ফলে, সাধারণ নিয়মে প্রস্তুত করা অনেক যন্ত্রাংশই ব্যবহারের অযোগ্য বলে বাতিল করার প্রশ্ন উঠে। কিন্তু, সেই বস্তুটি বা যন্ত্রাংশ প্রস্তুত করতে প্রচুর সময় লেগেছে, মূল্যবান ধাতু ব্যবহার করা হয়েছে এবং প্রচুর অর্থ ব্যয় করা হয়েছে। তাই, তৈয়ার করা বস্তুগুলির অধিকাংশই যাতে ব্যবহার করা সম্ভব হয়, এই উদ্দেশ্যে যন্ত্রাংশ প্রস্তুতে মাপের কিছু ব্যতিক্রমকে সর্বদা উপেক্ষা করা যায়। এই উপেক্ষা কোন ক্ষেত্রে কতটুকু করা চলতে পারে তা কারিগরকে পূর্বে জানিয়ে দিলে, তাঁর পক্ষে কাজের সুবিধা হয়, অন্যথায় অনেক অর্থব্যয় হওয়ার সম্ভাবনা থাকে।

উদাহরণস্বরূপ মনে করা যাক, এমন একটি শ্যাফট প্রস্তুত করতে হবে, যা ৫৫ মিলিমিটার ব্যাসবিশিষ্ট ছিদ্রের মধ্যে যথাযথভাবে প্রবেশ করতে সমর্থ হবে। শ্যাফট প্রস্তুতের পর দেখা গেল যে, উহার ব্যাসের মাপ ঠিক ৫৫ মিলিমিটার হয় নি; কিছু কম-বেশি হয়েছে। কিন্তু এখন দেখতে হবে যে, সেই কম-বেশির মাত্রা গ্রহণযোগ্য সীমায় আছে কিনা। পরিমাপে ইহা উর্ধ্ব ও নিম্ন সীমার মধ্যে থাকলে বস্তুটিকে ব্যবহারযোগ্য বলে গণ্য করা হয়, এই পরিমাপ সীমাকেই লিমিট বলে। ৩.১ চিত্রে যন্ত্রাংশের লিমিট পরিমাপ দেখানো হয়েছে। যন্ত্রাংশের যে পরিমাপটি একেবারে চূড়ান্ত, তাকে আর কমানো বা বাড়ানো যায় না; সেই পরিমাপের সঙ্গে ক্রস-এক চিহ্ন দ্বারা নকশায় চিহ্নিত করা হয়, আর যে

অংশাবলীর পরিমাপ নির্দিষ্ট সীমার কম-বেশি হতে পারে, সেখানে কম-বেশির উর্ধ্ব-ও নিম্নসীমা লিপিবদ্ধ থাকে; যার মাত্রা অবশ্যই অনুমোদন সাপেক্ষ।

চিত্র ৩.১ : লিমিট পরিমাপসহ একটি যন্ত্রাংশের বিশদ বর্ণনা নকশা।

লিমিট পরিমাপের প্রকারভেদ

লিমিট পরিমাপকে দুইভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন:

(ক) উর্ধ্বমাত্রা (high limit): লিমিট-এর উর্ধ্ব বা সর্বোচ্চ পরিমাপকে উর্ধ্বমাত্রা বলে, এবং

(খ) নিম্নমাত্রা (low limit): লিমিট-এর নিম্ন বা সর্বনিম্ন পরিমাপকে নিম্নমাত্রা বলে।

কারিগরি অঙ্কনে কার্যকরী নকশায় এই উর্ধ্ব-ও নিম্নমাত্রা বুঝাতে "+" ও "−" (যোগ ও বিয়োগবোধক) চিহ্ন ব্যবহার করা হয়। এবং তৎপূর্বে মূল পরিমাপটি লিপিবদ্ধ থাকে। উদাহরণস্বরূপ, একটি শ্যাফটের ব্যাসের পরিমাপ নিম্নলিখিতভাবে প্রদর্শন করা যেতে পারে:

(১) $৫৪^{+.০৫}_{-.০২}$ (৩) $৫৪^{-.০২}_{-.০৫}$ (৫) $৫৪^{+.০৮}_{-.০০}$

(২) $৫৪^{+.০১}_{+.০২}$ (৪) $৫৪^{+.০৬}_{-.০৬}$ (৬) $৫৪^{+.০০}_{-.০৪}$

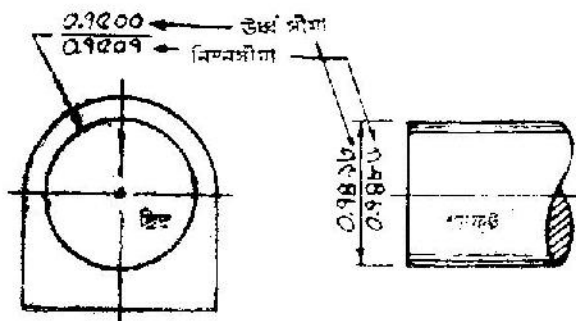
১ নম্বর উদাহরণে : ঊর্ধ্বসীমা মূল মাপ থেকে .০৫ মিলিমিটার বেশি। কিন্তু নিম্নসীমা উহা থেকে .০২ মিলিমিটার কম। সুতরাং, এ স্থলে শ্যাফটের ব্যাস, ৫৪ + .০৫ = ৫৪.০৫ মিলিমিটারের বেশি হলে অথবা, ৫৪ - .০২ = ৫৩.৯৮ মিলিমিটারের কম হলে উহা বাতিল হওয়ার যোগ্য। অতএব পরিমাপ নিয়ন্ত্রণ সংস্থার নির্দেশ-মোতাবেক, এই শ্যাফটের ব্যাসের পরিমাপকে ৫৩.৯৮ মিলিমিটার থেকে ৫৪.০৫ মিলিমিটারের মধ্যে অবশ্যই রাখতে হবে।

২ নম্বর উদাহরণে, এই শ্যাফটের লিমিট ব্যাসের পরিমাপকে ৫৪.০২ থেকে ৫৪.০৫ মিলিমিটারের মধ্যে ;

৩ নম্বর উদাহরণে, এই শ্যাফটের লিমিট ব্যাসের পরিমাপকে ৫৩.৯৫ থেকে ৫৩.৯৮ মিলিমিটারের মধ্যে ;

৪ নম্বর উদাহরণে, এই শ্যাফটের লিমিট ব্যাসের পরিমাপকে ৫৩.৯৪ থেকে ৫৪.০৬ মিলিমিটারের মধ্যে ;

৫ নম্বর উদাহরণে, এই শ্যাফটের লিমিট ব্যাসের পরিমাপকে ৫৪ মিলিমিটার থেকে ৫৪.০৮ মিলিমিটারের মধ্যে ; এবং

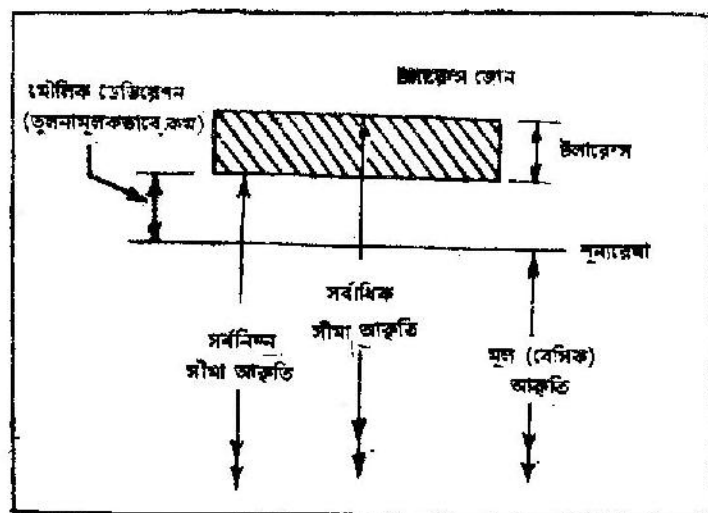
৬ নং উদাহরণে, এই শ্যাফটের লিমিট ব্যাসের পরিমাপকে ৫৩.৯২ থেকে ৫৪ মিলিমিটারের মধ্যে অবশ্যই রাখতে হবে ; অন্যথায় উহা বাতিল বলে গণ্য হবে।

চিত্র ৩.২ঃ যন্ত্রাংশের ঊর্ধ্ব-এবং নিম্নসীমার লিমিট পরিমাপ প্রদর্শন।

কারিগরি কর্মকাণ্ডে শ্যাফট সংযোজনে সূক্ষ্ম কার্যাবলীতে এই ধরনের লিমিট ব্যবহৃত হয়। ৩.২ চিত্রে যন্ত্রাংশের ঊর্ধ্বসীমা ও নিম্নসীমা লিমিট পরিমাপ দেখানো হয়েছে ; যেখানে গর্ত ও শ্যাফট উভয়েরই ঊর্ধ্ব ও নিম্নসীমার পরিমাপ রয়েছে।

নোমিনাল সাইজ (Nominal size) : সাধারণত বস্তুর আকার বা আকৃতি বুঝাবার জন্য যে পরিমাপ করা হয়, তাকে নোমিনাল সাইজ বলে।

প্রকৃত আকার বা অ্যাকচুয়্যাল সাইজ (Actual size) : ৬৮° ডিগ্রী ফারেনহিট উষ্ণতায় বস্তুর পরিমাপ গ্রহণের পর যে আকার বা পরিমাপ পাওয়া যায়, উহাকে অ্যাকচুয়্যাল সাইজ বলে।

বেসিক সাইজ (Basic size) : যন্ত্রাংশের যে সাইজের সম্পর্ক হতে লিমিট ধার্য হয়, তাকে বেসিক সাইজ বলে।

জিরো লাইন (Zero line) : যে লাইন দ্বারা বিচ্যুতি বা ডেভিয়েশন নির্দেশিত হয়, তাকে জিরো লাইন বলে। এই লাইনে ডেভিয়েশন শূন্য (০) এবং ইহা দ্বারা বেসিক সাইজ বুঝানো হয়।

চিত্র ৩.৩ : লিমিট, জিরো লাইন ও অন্যান্য পরিমাপের সম্পর্ক।

আপার ডেভিয়েশন (Upper deviation) : যন্ত্রাংশের ঊর্ধ্বসীমা ও বেসিক সাইজের ব্যবধানকে আপার ডেভিয়েশন বলে।

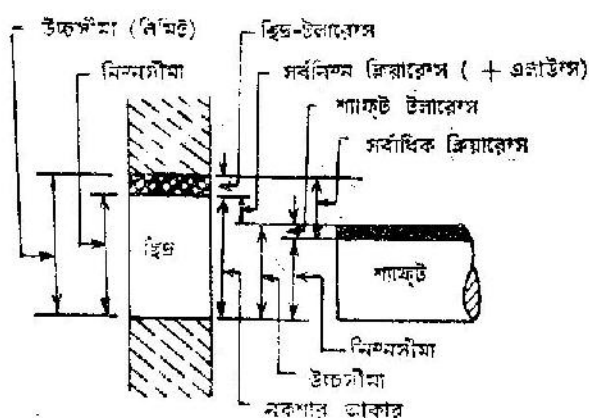
লোয়ার ডেভিয়েশন (Lower deviation) : যন্ত্রাংশের নিম্নসীমার লিমিট এবং বেসিক সাইজের ব্যবধানকে লোয়ার ডেভিয়েশন বলে।

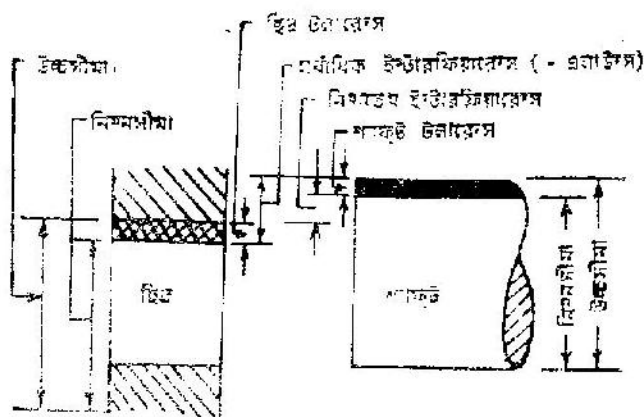
ফাণ্ডামেন্টাল ডেভিয়েশন (Fundamental deviation) **:** যন্ত্রাংশের নোমিনাল সাইজ এবং উহার নিকটবর্তী টলারেন্স লিমিট-এর ব্যবধানকে ফাণ্ডামেন্টাল ডেভিয়েশন বলে। ৩.৩ চিত্রে এই সকল তথ্যের সমাবেশ রয়েছে।

ফিট (Fit)

দুটি যন্ত্রাংশের পরস্পর মিলন-সম্পর্ক বা মিলন অবস্থাকে 'ফিট' বলে। ইহা সংযোজিত যন্ত্রাংশদ্বয়ের অন্তর্দেশ ও বহির্দেশের পরিমাপের সঠিকতার বা পার্থক্যের উপর নির্ভর করে। দুই রকম প্রক্রিয়া বিবেচনা করে ইহার শ্রেণীভেদ করা হয়।

(১) 'ব্রিটিশ স্ট্যাণ্ডার্ড' অনুমোদিত ফিট। ইহা প্রধানতঃ তিন প্রকারে শ্রেণী-ভেদ করা হয়। যেমন:

(ক) ক্লিয়ারেন্স ফিট (Clearance fit) **:** ইহাতে সম্ভাব্য মিলনযোগ্য ফিমেল পার্ট (ছিদ্রের) অপেক্ষা মেল পার্ট-এর (শ্যাফটের) পরিমাপ ছোট হলে মেল পার্ট সহজে ফিমেল পার্টে প্রবেশ করতে পারে। এক্ষেত্রে উক্ত দুটি পার্ট এর পরিমাপের পার্থক্যকে ক্লিয়ারেন্স বলে এবং এইরূপভাবে সংযোজনকে ক্লিয়ারেন্স ফিট বলে। ক্লিয়ারেন্স ফিটে পার্টগুলোর মধ্যে যোগবোধক (+) অ্যালাউন্স থাকে এবং মিলিত পার্ট দুটি পরস্পর ঢিলাভাবে অবস্থান করে। ৩.৪ চিত্রে দুটি যন্ত্রাংশ সংযোগের ক্লিয়ারেন্স ফিট প্রদর্শন করা হয়েছে।

চিত্র ৩.৪ : দুটি সংযোগের ক্লিয়ারেন্স ফিট প্রদর্শন।

(ঘ) **ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট** (Interference fit) : মিলনযোগ্য ফিমেল পার্ট (ছিদ্র) অপেক্ষা মেল পার্ট (শ্যাফট) সামান্য বড় হলে মেল পার্টকে ফিমেল পার্টে

চিত্র ৩.৫ : দুটি যন্ত্রাংশ সংযোগের ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট প্রদর্শন।

প্রবেশ করাতে চাপের প্রয়োজন হয়। এক্ষেত্রে উক্ত দুটি পার্টস-এর পরিমাপের পার্থক্যকে ইন্টারফিয়ারেন্স বলে এবং এইরূপ সংযোজনকে ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট বলে। ইন্টারফিয়ারেন্স ফিটে পার্টস-এর মধ্যে নেগেটিভ (—) অ্যালাউন্স হয় এবং মিলিত পার্টস দুটি পরস্পর আঁটসাঁটভাবে অবস্থান করে। ৩.৫ চিত্রে দুটি যন্ত্রাংশ সংযোগের 'ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট' প্রদর্শন করা হয়েছে।

(ঙ) **ট্রানজিশন ফিট** (Transition fit) : ইহা 'ক্লিয়ারেন্স ফিট' এবং "ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট" এর মধ্যবর্তী অবস্থা। এক্ষেত্রে মিলনযোগ্য দুটি পার্টস-এর মধ্যে অ্যালাউন্স বা ফাঁক যোগবোধক (+) বা বিয়োগবোধক (—) হতে পারে এবং যন্ত্রাংশদ্বয়ের মাঝে ফাঁকের মাত্রা তুলনামূলকভাবে কম হয়।

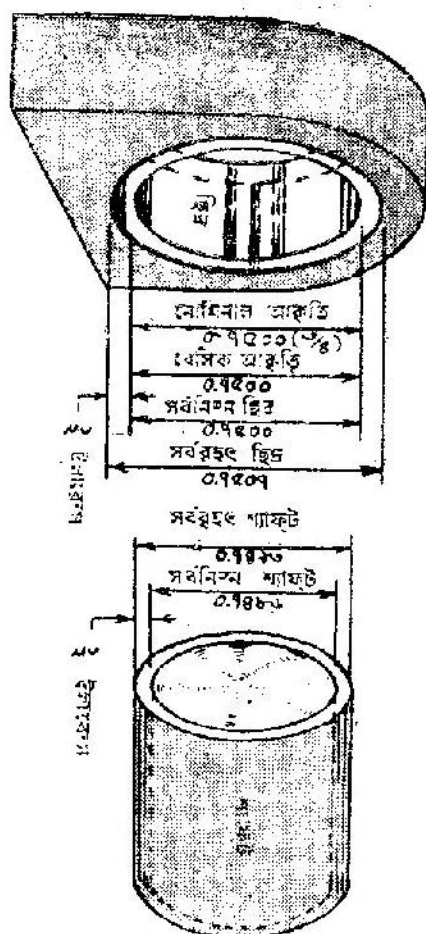
(২) দুটি বস্তু বা অংশকে প্রধানতঃ যে কয় প্রকারে মিল করানো যায়, উহার পার্থক্যভেদে 'ফিট'কে নিম্নবর্ণিত চার ভাগে শ্রেণীভেদ করা যায়, যেমন :

(ক) **ড্রাইভিং ফিট** (Driving fit) : হাতুড়ি দ্বারা আঘাত দিয়ে একটি বস্তু বা অংশকে (parts) অপর বস্তু বা অংশের মধ্যে প্রবেশ করিয়ে এদেরকে পরস্পর মিল করানোকে 'ড্রাইভিং ফিট' বলে। চাপ প্রয়োগে এই 'ফিট' এর কার্য সম্পাদিত হয় বলে ইহাকে 'প্রেস ফিট'ও (Press fit) বলা হয়। অন্যকথায়

ইহা প্রকৃতপক্ষে 'ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট'। তবে ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট এর বেলায় যন্ত্রাংশদ্বয়ের মাঝে ফাঁকের মাত্রা একেবারে কম থাকে না, কিন্তু ড্রাইভিং ফিট-এ এই ফাঁকের মাত্রা ইন্টারফিয়ারেন্স-এর তুলনায় খুবই কম থাকে।

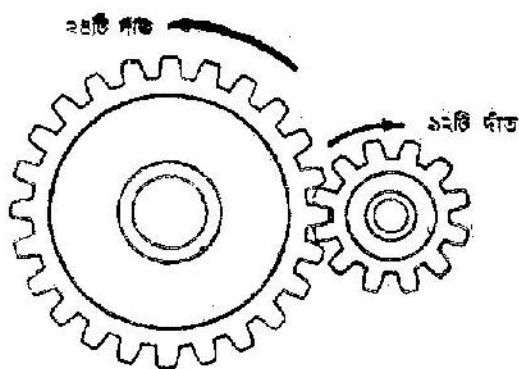
ড্রাইভিং ফিটের বেলায় সংযোজনযোগ্য যন্ত্রাংশের ছিদ্রের ভিত্তিতে শ্যাফট প্রস্তুত করা হলে, ইহার ব্যাসের পরিমাপকে ছিদ্রের ব্যাসের মাপ অপেক্ষা একটু বড় করার প্রয়োজন হয়। আর যদি শ্যাফটের ভিত্তিতে অর্থাৎ, শ্যাফটের ব্যাসের পরিমাপকে স্থির রেখে উহার অনুরূপ ছিদ্র প্রস্তুত করতে হয়, তাহলে ছিদ্রের ব্যাসের পরিমাপকে শ্যাফটের ব্যাসের মাপ অপেক্ষা কম করার প্রয়োজন হয়। প্রথম ক্ষেত্রে শ্যাফটের মাপ উল্লেখ করার সময় ঊর্ধ্ব-ও নিম্নসীমা উভয়ই '+' চিহ্ন-যুক্ত এবং দ্বিতীয় ক্ষেত্রে ইহা '—' চিহ্নযুক্ত থাকে।

(খ) রানিং ফিট (Running fit)ঃ একটি বস্তু বা যন্ত্রাংশ অপর বস্তু বা অংশের মধ্যে প্রবেশ করে অক্ষ (axis) সূত্রে সহজভাবে ঘুরলে এই প্রকার মিল করানোকে 'রানিং ফিট' বলে। যেমন ঃ শ্যাফট ও বিয়ারিং-এর ফিট ইহার উদাহরণ। ইহাতে উক্ত যন্ত্রাংশ দুটি পরস্পর ঘর্ষিত হয় বলে মধ্যবর্তী স্থানে তৈল সঞ্চালনের প্রয়োজন হয়। রানিং ফিট এর বেলায় ছিদ্রের ভিত্তিতে শ্যাফট প্রস্তুত করতে হলে শ্যাফ্টের ব্যাস ছিদ্রের তুলনায় অপেক্ষা-কৃত কম করার প্রয়োজন হয়। এই কমের মাত্রা কি পরিমাণ করতে হবে, ইহা নির্ভর করে অংশ দুটির আয়তন, মসৃণতা, ছিদ্রের দৈর্ঘ্য ইত্যাদির উপর। ইহাতে ছিদ্রের ভিত্তিতে শ্যাফটকে প্রস্তুত করার সময় উভয় সীমা-মাপই '–' চিহ্নযুক্ত থাকে। ৩.৬ চিত্রে একটি বিয়ারিং এর সঙ্গে শ্যাফট সংযোজনে 'রানিং ফিট' এর অবস্থা প্রদর্শন করা হয়েছে।

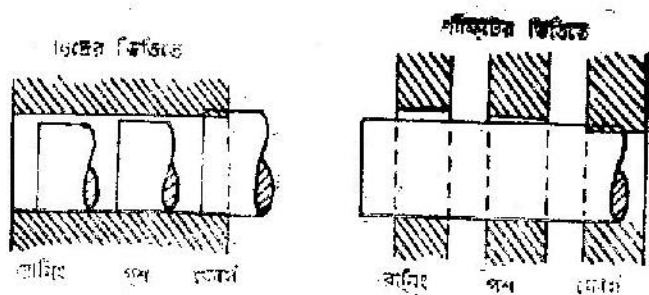
(গ) পুশ ফিট (Push fit) ঃ হাতুড়ি দ্বারা আঘাত না করে শুধুমাত্র হাত দিয়ে ঠেলে একটি বস্তু বা অংশকে অপর বস্তু বা অংশের মধ্যে প্রবেশ করিয়ে পরস্পর মিল করানোকে পুশ ফিট বলে। ইহার অপর নাম 'পিচ্ছিল সংযোজন' (sliding fit) যা ট্রানজিশন ফিট এর অন্তর্গত। 'ড্রাইভিং ফিট' এর মতো ইহাতেও শ্যাফ্ট ছিদ্রের মধ্যে কোনদিকেই চালিত হয় না। পুশ ফিট এর বেলায় শ্যাফটের ব্যাসকে ছিদ্রের ব্যাস থেকে সামান্য কম করার প্রয়োজন হয় না। কিন্তু 'রানিং ফিট'-এর ন্যায় এত কম করা হয় না। ইহাতেও ছিদ্রের ভিত্তিতে শ্যাফটকে প্রস্তুত করার জন্য উভয় সীমা মাপের পূর্বে '–' চিহ্ন দেওয়া হয়। গিয়ার ও পিনিয়নকে বা গিয়ারদ্বয়ের শ্যাফটের সঙ্গে "পুশ ফিট" নিয়মে মিল করানো হয়ে

চিত্র ৩.৬ : একটি বিয়ারিং-এর সঙ্গে শ্যাফট সংযোজনে "রানিং ফিট"-এর অবস্থা প্রদর্শন।

থাকে। ৩.৭ চিত্রে গিয়ার ও পিনিয়নের সঙ্গে 'পুশ ফিট' এর নমুনা প্রদর্শন করানো হয়েছে।

ঘ) ফোর্স ফিট (Force fit) : দুটি ভারী এবং বড় বস্তু বা যন্ত্রাংশের বেলায় একটিকে অপরটির সঙ্গে বা মধ্যে প্রচুর শক্তি বা চাপ প্রয়োগে (যেমন : হাই-

চিত্র ৩.৭ : গিয়ার ও পিনিয়নের সঙ্গে "পুশ ফিট" এর নমুনা প্রদর্শন।

ড্রলিক (প্রেস দ্বারা) প্রবেশ করিয়ে পরস্পর মিল করানোকে 'ফোর্স ফিট' বলে। ইহা "ইন্টারফিয়ারেন্স ফিট" এরই নামান্তর মাত্র। উদাহরণস্বরূপ, ইঞ্জিনের ক্র্যাঙ্ককে উহার শ্যাফট কিংবা ক্র্যাঙ্কপিনের সঙ্গে এবং রেলগাড়ির চাকাকে উহার এক্সেল (Axle) এর সঙ্গে সংযুক্ত করতে অথবা সিলিণ্ডারের ভিতর 'লাইনার' বা লাইনিং সংযুক্ত করতে এই প্রকার 'ফিট' ব্যবহার করা হয়। এক্ষেত্রে, ছিদ্রের ভিত্তিতে শ্যাফটকে প্রস্তুত করা হয় এবং এজন্য উহার ব্যাসকে ছিদ্রের ব্যাস অপেক্ষা সামান্য বড় রাখা (ড্রাইভিং ফিট-এ যে পরিমাণ প্রয়োজন, উহা অপেক্ষা বেশি) হয়। এই ক্ষেত্রে উভয় সীমা-মাপই '+' (যোগবোধক) চিহ্নযুক্ত থাকে।

এই ধরনের ফিট পদ্ধতিতে, ছিদ্রবিশিষ্ট যন্ত্রাংশকে উত্তপ্ত করে আয়তন বাড়ানো হয় এবং ঠাণ্ডা শ্যাফট উহার মধ্যে প্রবেশ করিয়ে দিলে উহা ঠাণ্ডা হলে শক্তভাবে এঁটে ধরে। এই ধরনের ফি কে আধুনিক বৈজ্ঞানিক যুগে শ্রিঙ্ক ফিট (shrink fit) বা গরম সংযোজন বলা হয়। ইহা ফোর্স ফিট এর অন্তর্ভুক্ত। গ্রামাঞ্চলে গরু বা ঘোড়ার গাড়ির চাকার বাইরের দিকে একই পদ্ধতিতে লোহার লাইনার ফিট করা হয়. এক্ষেত্রেও চাকা ঠাণ্ডা ও লোহার লাইনারটিকে রক্ত বর্ণে উত্তপ্ত করা হয়।

'ফোর্স ফিট' পদ্ধতিতে দুটি যন্ত্রাংশ এত শক্তভাবে আবদ্ধ হয়ে যায় যে, ইহাতে আর কোন লক বা কী (key) ব্যবহার করার প্রয়োজন হয় না। ৩.৮ চিত্রে বাম পার্শ্বে ছিদ্রের ভিত্তিতে ও ডান পার্শ্বে শ্যাফটের ভিত্তিতে "রানিং, পুশ ও ফোর্স ফিট" এ যন্ত্রাংশদ্বয়ের পরিমাপের নমুনা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৩.৮ : ছিদ্রের ও শ্যাফটের ভিত্তিতে "রানিং, পুশ ও ফোর্স ফিট"এ যন্ত্রাংশদ্বয়ের পরিমাপের নমুনা প্রদর্শন।

যন্ত্রাংশের সমন্বয় (Assembly of parts)

সমন্বয়ের কাজে দুই বা ততোধিক যন্ত্রাংশ পরস্পর ফিট হয়। ইহা দুই প্রকার, যথা :

(১) বিনিময়যোগ্য (Interchangeable) সমন্বয়, এবং

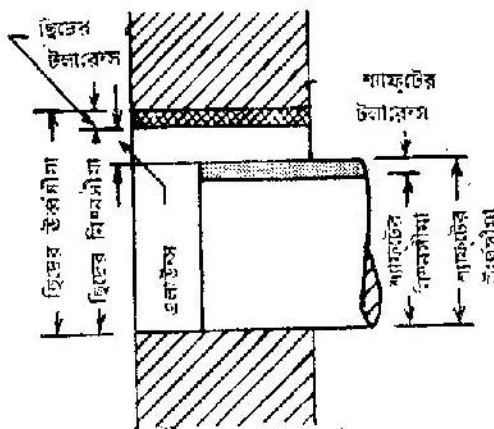
(২) নির্বাচিত (Selective) সমন্বয়।

(১) **বিনিময়যোগ্য সমন্বয় :** এই সমন্বয়ে কোন যন্ত্রাংশ ফিট করা হলে, উহাদের যে কোন একটি যে কোন কারণে খুলতে হলে বা যে কোনটি অকেজো হওয়ার পর খোলার প্রয়োজন হলে, উহা খুলে তথায় আরেকটি যন্ত্রাংশ (একই ধরনের) পুনঃসংযোগ করা যায়। উহার একটি অংশ তৈরি হওয়ার পর আরেকটি এবং সেই ফিট হবার পর আরেকটি ফিট করাও হতে পারে। এমনিভাবেই সাধারণত সমন্বয়ের কাজ চলে। তবে, প্রতিটি অংশকে অপর অংশাবলীর সঙ্গে যথাযথ সমন্বয় বা ম্যাচ (match) দেখাতে হবে। যদি একই অংশ একসঙ্গে অনেকগুলি প্রস্তুত করা যায়, যাতে উহাদের আকারগত ও গুণগত মান নির্দিষ্ট সীমার মধ্যে অবস্থান করে এবং উহাদের মাপের সীমা এরূপ হবে যেন অংশাবলী একে অপরের সাথে সংযোজিত হলে পূর্ব নির্ধারিত ফিটনেস বজায় থাকে। এরূপভাবে যন্ত্রাংশ প্রস্তুতকে বিনিময়যোগ্য সমন্বয় প্রস্তুত বলে। এই প্রকার উৎপাদন থাকে বলেই ঘড়ি, সাইকেল, মোটরগাড়ি রেডিও, টেলিভিশন প্রভৃতির কোন অংশ অকেজো হয়ে গেলে উহা বদলানো যায়।

(২) **নির্বাচিত সমন্বয় :** 'ইন্টারফিয়ারেন্স ফিটে' এই ধরনের সমন্বয় উপযুক্ত। এই ধরনের সমন্বয়ে সর্বাধিক বড় ব্যাসের শ্যাফটের সঙ্গে বড় ব্যাসের ছিদ্রকে

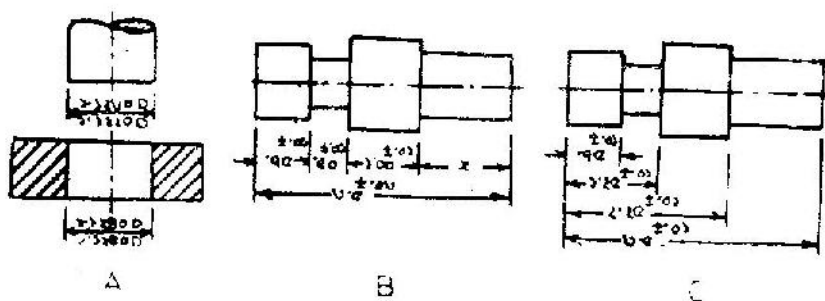
কিংবা সবচেয়ে ছোট ব্যাসের শ্যাফটের সঙ্গে সবচেয়ে ছোট ব্যাসের গর্ত সংযোগ করা হয়। সবচেয়ে বড় ব্যাসের শ্যাফটের সঙ্গে সবচেয়ে ছোট ব্যাসের ছিদ্রের সংযোজনে যন্ত্রাংশগুলিতে অধিক চাপ (over stress) হয়। আবার অন্যদিকে সবচেয়ে ছোট ব্যাসের শ্যাফটের সঙ্গে সবচেয়ে বড় ব্যাসের ছিদ্রের সংযোজনে অংশাবলীর হ্রাসকৃত চাপ (under stress) হয়। সেজন্য বিনিময়যোগ্য যন্ত্রাংশ প্রস্তুতে নির্বাচিত বা বাছাইকৃত সমন্বয় পদ্ধতি গ্রহণ করা হয়। পরিদর্শনের সময় ছিদ্র এবং শ্যাফটকে ২/৩ বা অধিক গ্রুপে পৃথক করা হয়, যাতে পৃথকীকৃত প্রতিটি গ্রুপ হতে সর্বাধিক বড় ব্যাসের শ্যাফটের সঙ্গে সর্বাধিক বড় ব্যাসের ছিদ্র বাছাই করে সংযোজন করা যায় কিংবা সর্বাধিক ছোট ব্যাসের শ্যাফটের সঙ্গে সর্বাধিক ছোট ব্যাসের ছিদ্র সমন্বয় করা যায়। যন্ত্রাংশ এরূপভাবে সমন্বয় (সংযোজন) পদ্ধতিকে নির্বাচিত বা বাছাইকৃত সমন্বয় বলে।

টলারেন্স (Tolerance)

ইহার বাংলা আভিধানিক অর্থ সহনীয়তা। অর্থাৎ প্রস্তুতকৃত যন্ত্রাংশে পরিমাপের যে পরিমাণ ব্যতিক্রমকে সহনীয় বলে উপেক্ষা করা যেতে পারে, উহাকেই টলারেন্স বলে। প্রকৃতপক্ষে, ইহা যন্ত্রাংশের উর্ধ্বসীমা (high limit) এবং নিম্নসীমা (low limit) এর ব্যবধান বা বিয়োগফল বুঝায়। অর্থাৎ, টলারেন্স বলতে কোন যন্ত্রাংশের উর্ধ্বসীমা থেকে নিম্নসীমা বিয়োগ করলে যা পাওয়া যায়, সেই মাত্রাকেই বুঝায়। ৩.৯ চিত্রে দুটি যন্ত্রাংশের সমন্বয়ে উহার টলারেন্স এর মাত্রা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৩.৯ : দুটি যন্ত্রাংশের সমন্বয়ে উহার টলারেন্স-এর মাত্রা প্রদর্শন।

ইতিপূর্বে বর্ণিত উর্ধ্বসীমা ও নিম্নসীমার পরিমাণ থেকে আমরা 'টলারেন্স' বের করতে পারি, যা' নিম্নরূপ :

(১) (+.০৫) − (−.০২) = .০৫ + .০২ = .০৭ মিলিমিটার
(২) (+.০৫) − (+.০২) = .০৫ − .০২ = .০৩ মিলিমিটার
(৩) (−.০২) − (−.০৫) = −.০২ + .০৫ = .০৩ মিলিমিটার
(৪) (+.০৬) − (−.০৬) = .০৬ + .০৬ = .১২ মিলিমিটার
(৫) (+.০৮) − (−.০০) = .০৮ + .০০ = .০৮ মিলিমিটার, এবং
(৬) (+.০০) − (−.০৪) = .০০ + .০৪ = .০৪ মিলিমিটার, প্রভৃতি।

সুক্ষ্ম পরিমাপে কম 'টলারেন্স' এবং স্থূল পরিমাপের কাজে বেশি টলারেন্স দেওয়ার নিয়ম। লিমিট পরিমাপ দেখাতে উর্ধ্ব-ও নিম্নসীমা অর্থাৎ দুটি পরিমাপই মূল পরিমাপের ডান পার্শ্বের উপর এবং নিচে উল্লেখ করতে হয়, কিন্তু টলারেন্স এর মাত্রাকে একটি পরিমাপ দ্বারা প্রকাশ করা হয়। ৩.১০ চিত্রে বামপার্শ্বে একটি শ্যাফট ও ছিদ্রের পরিমাপে লিমিট পরিমাপ (মূল পরিমাপের সঙ্গে টলারেন্সসহ উপর ও নিচে প্রদর্শিত) এবং ডান পার্শ্বে শ্যাফটসমূহের লিমিট নকশার

চিত্র ৩.১০ : বিভিন্ন যন্ত্রাংশে লিমিট ও টলারেন্স পরিমাপ প্রদর্শন।

টলারেন্স দেখানো হয়েছে। টলারেন্স প্রদর্শনের সময় মূল পরিমাপের উপরের ডানদিকে ±.০১, ±.০২, ±.০৩ প্রভৃতি লেখা থাকে।

টলারেন্স-এর প্রকারভেদ

'টলারেন্স' সাধারণত দুই প্রকারে প্রকাশ করা হয়ে থাকে,

যেমন :

(ক) ছিদ্রের ভিত্তিতে (Hole basis), এবং

(খ) শ্যাফটের ভিত্তিতে (Shaft basis)।

(ক) ছিদ্রের ভিত্তিতে 'টলারেন্স' এর বেলায়, ছিদ্রের মাপ ঠিক (স্থির) রেখে বিভিন্ন প্রকার ফিট অনুযায়ী শ্যাফটের ব্যাস প্রয়োজনীয় মাপে প্রস্তুত করা হয়।

(খ) শ্যাফটের ভিত্তিতে 'টলারেন্স'-এর বেলায়, ইহার বিপরীত কার্য অনুসরণ করা হয়। অর্থাৎ, শ্যাফটের মাপ স্থির রেখে ছিদ্রের মাপ প্রস্তুত করা হয়ে থাকে। পূর্বে যে উদাহরণ কটি দেয়া হয়েছে উহা গর্ত বা ছিদ্রের ভিত্তিতে শ্যাফট প্রস্তুত করার বিষয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে এই প্রকারই করা হয়ে থাকে। কারণ, ছিদ্র সাধারণত ড্রিল দ্বারা প্রস্তুত করা হয় এবং ড্রিলের মাপ আধুনিক বা স্ট্যাণ্ডার্ড রকমেরই থাকে। উপরন্তু, ইহাতে একটি ছিদ্রের জন্য রীমার (reamer)-এর একটি মাত্র সেটই প্রয়োজন হয়।

একমুখী ও দ্বি-মুখী প্রকারভেদ

যন্ত্রাংশের মূল মাপের আপেক্ষিকতায় 'টলারেন্স' সীমা মাপ সম্পর্কে লিখতে হলে দুই রকম প্রথা ব্যবহৃত হয়। সুতরাং টলারেন্স দুই প্রকার, যথা :

(অ) একমুখী (unilateral) এবং

(আ) দ্বি-মুখী (Bilateral) টলারেন্স।

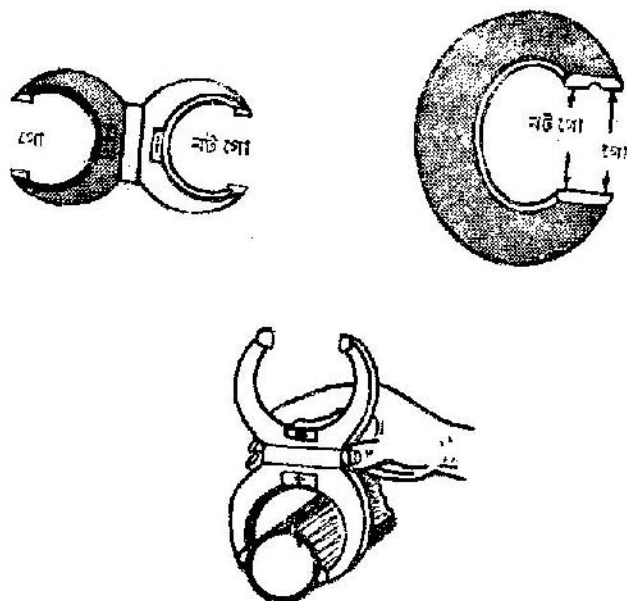
মূল মাপের আপেক্ষিকতায় 'টলারেন্স' একদিকের সীমা মাপ সম্পর্কে লিখতে হলে উহাকে একমুখী এবং উভয়দিকের সীমা-মাপ সম্পর্কে লিখতে হলে উহাকে দ্বি-মুখী টলারেন্স বলে, যেমন :

(অ) $২৫^{+.০১২}_{+.০০০}$ ইহা একমুখী 'টলারেন্স' এবং

(আ) $২৫^{+.০০৭}_{-.০০৪}$ ইহা দ্বিমুখী 'টলারেন্স'

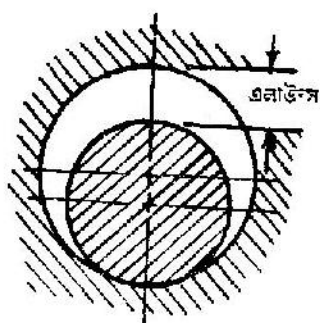
টলারেন্স কম থাকলে, 'ফিট' এর উপর নিয়ন্ত্রণ অপেক্ষাকৃত ভাল হয়। কিন্তু ইহাতে উৎপাদন ব্যয় বর্ধিত হয়। সাধারণ কাজের জন্য একমুখী 'টলারেন্স'-এর ব্যবহার সর্বাধিক।

লিমিট গেজ (Limit Gauge)

কোন বস্তুর মাপে তারতম্য থাকলে উহা ব্যবহারের অযোগ্য বলে বিবেচিত হয়। যে যন্ত্র দ্বারা বস্তুর পরিমাপের সঠিকতা পরীক্ষা করা হয়, উহাকেই লিমিট

চিত্র ৩.১১ : লিমিট গেজ এবং উহা দ্বারা পরিমাপের সঠিকতা পরীক্ষা।

গেজ বলে। এই গেজের দুই পার্শ্বে দুই রকম পরিমাপ থাকে, এক পার্শ্বে অধিক পরিমাপ এবং অপর পার্শ্বে অধিক নয় এমন পরিমাপ। কোন যন্ত্রাংশ পরীক্ষা করার জন্য এই গেজ দ্বারা উহার বহির্দেশে অথবা অন্তর্দেশে গেজের প্রান্তদেশ প্রবেশ বা গেজের মধ্যে বস্তুটির প্রান্তদেশ প্রবেশ করিয়ে উহার সঠিকতা যাচাই করা হয়। এই লিমিট গেজের যে পার্শ্বে সঠিক পরিমাপ থাকে সে পার্শ্বে 'গো' (Go) এবং যে পার্শ্বে ভুল পরিমাপ বা ব্যতিক্রম পরিমাপ থাকে সে পার্শ্বে 'নট গো' (Not go) কথাটি লিপিবদ্ধ থাকে। ৩.১১ চিত্রে এই ধরনের লিমিট গেজ ও যন্ত্রাংশের পরিমাপের সঠিকতা যাচাই প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

এলাউন্স (Allowance)

একটি যন্ত্রাংশ অপর একটি যন্ত্রাংশের মধ্যে ফিট বা সংযুক্ত করার জন্য নির্ভর-যোগ্য যে পরিমাণ ফাঁক বা ব্যবধান রাখার দরকার হয়, উহাকেই অ্যালাউন্স বলে। ছিদ্র এবং শ্যাফটের বেলায় ছিদ্রের নিম্নসীমা (low limit) এবং শ্যাফটের ঊর্ধ্বসীমা (high limit)-এর ব্যবধানকে অ্যালাউন্স বলে। ছিদ্রের চেয়ে শ্যাফটের

চিত্র ৩.১২ঃ একটি ছিদ্রের মধ্যে শ্যাফট সংযোগ অবস্থায় উহাদের মাঝে অ্যালাউন্স প্রদর্শন।

ব্যাস কম হলে উহাতে যোগবোধক (+) অ্যালাউন্স এবং গর্তের চেয়ে শ্যাফটের ব্যাস বড় হলে উহাতে বিয়োগবোধক (−) অ্যালাউন্স হয়। বিয়োগবোধক (−) অ্যালাউন্সকে ইন্টারফিয়ারেন্স বলে।

৩.১২ চিত্রে একটি ছিদ্রের মধ্যে শ্যাফট সংযোগ অবস্থায় উহাদের মাঝে 'অ্যালাউন্স'-এর মাত্রা দেখানো হয়েছে। এক্ষেত্রে ছিদ্রের সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র মাপ থেকে শ্যাফটের সর্বাপেক্ষা বৃহৎ মাপ বিয়োগ করলে, অ্যালাউন্স পাওয়া যায়। এক ধরনের সংযোজিত যন্ত্রাংশের বেলায়, শ্যাফট ও ছিদ্রের ব্যাসের পরিমাপ নিম্ন-বর্ণিতভাবে নির্দেশিত থাকে ঃ

$$\text{ছিদ্রের বেলায় : } ২৫ \begin{matrix} +.০৪ \\ -.০০ \end{matrix}$$

$$\text{শ্যাফটের বেলায় : } ২৪.৯ \begin{matrix} +.০০ \\ +.০৪ \end{matrix}$$

ইহাতে ছিদ্রের সর্বাপেক্ষা ক্ষুদ্র ব্যাস = ২৫−.০০ = ২৫ মিলিমিটার এবং শ্যাফটের সর্বাপেক্ষা বৃহৎ মাপ = ২৪.৯ + .০৪ = ২৪.৯৪ মিলিমিটার আছে।

সুতরাং এক্ষেত্রে অ্যালাউন্স হবে = ২৫ − ২৪.৯৪ = ০.০৬ মিলিমিটার

দুটি যন্ত্রাংশ পরস্পর ফিট অবস্থায় উহার অ্যালাউন্স পরিমাপ করা হয়। এই ফিট-এর প্রকৃতিভেদে আমেরিকান স্টাণ্ডার্ড এসোসিয়েশন (A S A)-এর মতে ফিট ও অ্যালাউন্সকে আট ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন ঃ

(১) **লুজ ফিট-লার্জ অ্যালাউন্স** (Loose fit-large allowance) : মিলনযোগ্য দুটি যন্ত্রাংশের মধ্যে মাপের সূক্ষ্মতা যে স্থানে অপরিহার্য নয়, সেই স্থানে এই প্রকার ফিট ও অ্যালাউন্স থাকে। এক্ষেত্রে অ্যালাউন্স থাকে 0.002৫।

(২) **ফ্রি ফিট-লিবারেল অ্যালাউন্স** (Free fit-liberal allowance) : যে সকল যন্ত্রাংশ ৬00 আর. পি. এম বা ততোধিক গতিতে ঘোরে, সেক্ষেত্রে অ্যালাউন্স এর মান = 0.001৪।

(৩) **মিডিয়াম ফিট-মিডিয়াম অ্যালাউন্স** (Medium fit-medium allowance) : যে সকল যন্ত্রাংশ ৬00 আর. পি. এম এর কম গতিতে ঘোরে এবং জার্নালের চাপ ৬00 পাউণ্ড / বর্গইঞ্চি এর কম, সেই সকল যন্ত্রাংশে এই প্রকার ফিট সম্পন্ন হয়। এক্ষেত্রে অ্যালাউন্স এর মান = 0.000৯ হবে।

(৪) **স্ন্যাগ ফিট-জিরো অ্যালাউন্স** (Sang fit-zero allowance) : আঘাত না দিয়ে শুধু হাতের ঠেলায় মিলনযোগ্য দুটি যন্ত্রাংশকে পরস্পরের সাথে ফিট করাকে চিলা বা স্ন্যাগ ফিট বলে। গিয়ার ও পিনিয়নকে শ্যাফটের সাথে এভাবে ফিট করা হয়। এই ফিটে গর্ত টলারেন্স, A এর মান = 0.0006, শ্যাফট টলারেন্স B এর মান = 0.0008 এবং অ্যালাউন্স টলারেন্স, C এর মান = 0.000 বা শূন্য থাকে।

(৫) **রিংগিং ফিট-জিরো টু নেগেটিভ অ্যালাউন্স** (Ringing fit-zero to negative allowance) : মিলনযোগ্য দুটি যন্ত্রাংশে সামান্য চাপ দিয়ে এই প্রকার ফিট সম্পন্ন করা হয়। এই ফিটে A এর মান = 0.0006, B এর মান = 0.0008 এবং C এর মান = 0.00 থাকে।

(৬) **টাইট ফিট-স্লাইট নেগেটিভ অ্যালাউন্স** (Tight fit-slight negative allowance) : মিলনযোগ্য দুটি যন্ত্রাংশ হালকা চাপ দিয়ে এই প্রকার ফিট সম্পন্ন করা হয়। ইহাতে যন্ত্রাংশগুলি কম-বেশি স্থায়ীভাবে সমন্বিত বা সংযোজিত হয়ে যায়। এই ফিটে A এর মান = 0.0006, B এর মান=0.0006 এবং গড় ইন্টারফিয়ারেন্স = 0.0002৫ d (এখানে d = গর্ত ও শ্যাফটের নমিনাল সাইজ)।

(৭) **মিডিয়াম ফোর্স ফিট নেগেটিভ অ্যালাউন্স** (Medium force fit-negative allowance) : মিলনযোগ্য দুটি যন্ত্রাংশ বেশী চাপের সাহায্যে এই প্রকারে ফিট করা হয়। ইহাতে পদার্থগুলি স্থায়ীভাবে সংযোজিত হয়ে যায়। এই ফিটে, A এর মান=0.0006, B এর মান=0.0006 এবং গড় ইন্টারফিয়ারেন্স=0.000৫।

(৮) হেভী ফোর্স এণ্ড শৃঙ্ক ফিট কনসিডারেবল নেগেটিভ অ্যালাউন্স (Heavy force and Shrink fit-considerable negative allowance): মিলনযোগ্য দুটি যন্ত্রাংশে ভারী চাপের সাহায্যে এই প্রকার ফিট সম্পন্ন করা হয়। অধিকাংশ ক্ষেত্রে ফিমেল (female) যন্ত্রাংশকে উত্তপ্ত করে উহার আকার বাড়িয়ে মেল (male) যন্ত্রাংশ ফিট করা হয় এবং পরে ঠাণ্ডা হয়ে সঙ্কুচিত হলে দুটি যন্ত্রাংশ একেবারে স্থায়ীভাবে সংযোজিত হয়ে যায়। এই ফিটে A এর মান = 0.0006, B এর মান = 0.0006 এবং গড় ইন্টারফিয়ারেন্স = 0.001 d।

বিঃ দ্রঃ এ. এস. এ-এর বিভিন্ন ফিটে ১ ইঞ্চি নমিনাল সাইজে ছিদ্র (hole) এবং শ্যাফট টলারেন্স ও অ্যালাউন্স বের করার সূত্র:

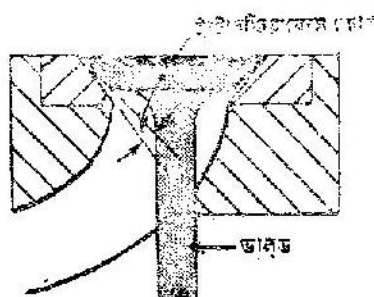
গর্ত (Hole) বা ছিদ্রের টলারেন্স = $A \sqrt[3]{d}$

শ্যাফট টলারেন্স = $B \sqrt[3]{d}$

অ্যালাউন্স টলারেন্স = $C \sqrt[3]{d}$

এখানে, d = নমিনাল সাইজ ছিদ্র/শ্যাফট ; A, B, C = ধ্রুবক (constant)।

ভাল্‌ভের ইন্টারফিয়ারেন্স (Interference angle of valve)

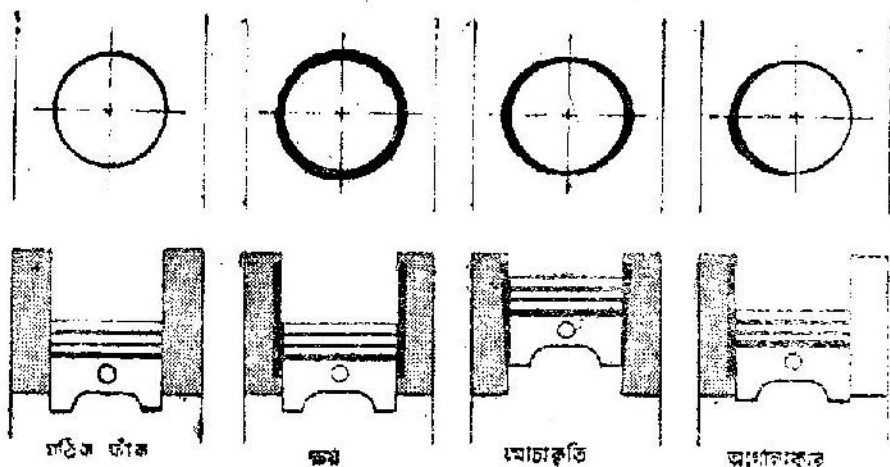
ইঞ্জিনের ভাল্‌ভ ফেস ও সিটে নির্দিষ্ট পরিমাপের কোণ থাকে এবং উহাদের মাঝে গড়পড়তা ব্যবধান থাকে মাত্র ১° (এক ডিগ্রী)। এই এক ডিগ্রী ব্যবধান

চিত্র ৩.১৩: ভালভ্ ফেস ও সিট-এর মাঝে ইন্টারফিয়ারেন্স কোণ।

কোণকেই ভাল্‌ভের ইন্টারফিয়ারেন্স কোণ বলে। ৩.১৩ চিত্রে একটি ভাল্‌ভ ফেস ও সিটের মাঝে ইন্টারফিয়ারেন্স কোণ দেখানো হয়েছে।

ভাল্‌ভ ফেস ও সিটের মাথায় বা উপরের দিকে কোন ফাঁক থাকে না। কারণ, সেখানে ইন্টারফিয়ারেন্স কোণ নিচের দিক থেকে এসে মিলে যায়। কিন্তু ভাল্‌ভ ফেস ও সিটের নিচের দিকে সঙ্গত কারণে ফাঁক রাখা হয় এবং সেখানে ইন্টারফিয়ারেন্স কোণ রাখা হয়। এই কোণ রাখার জন্য ভাল্‌ভ ফেস-এর কোণের পরিমাপ সিট-এর কোণ অপেক্ষা ১° বেশি থাকে।

ইঞ্জিন চলাকালে কালক্রমে ভাল্‌ভ ফেস ও সিট ক্ষয় হতে থাকলে ধাপে ধাপে ভাল্‌ভ নিচের দিকে ডুবে যেতে থাকে। ইন্টারফিয়ারেন্স কোণ এতে বজায় থাকায় ভাল্‌ভ ফেস ও সিট ক্ষয়জনিত কারণে ভাল্‌ভ নিচে নেমে গেলেও ভাল্‌ভ ফেস ও সিটের উপরের দিক সংযোজিত এবং নিচের দিক কিছুটা ফাঁকা থাকে; যা ভাল্‌ভ সুষ্ঠুভাবে পরিচালনার জন্য উপযোগী।

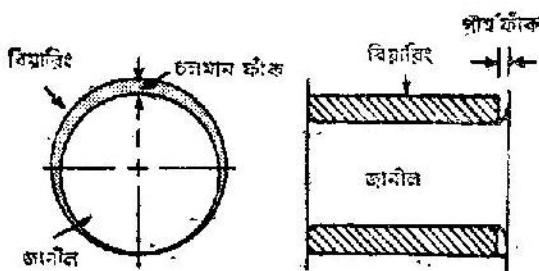
যন্ত্রাংশের ফাঁক (Clearance of parts)

ঘূর্ণায়মান যন্ত্রাংশদ্বয়ের মাঝে পিচ্ছিলকরণ তেলের পর্দা প্রস্তুতের জন্য যে নির্দিষ্ট পরিমাণ ফাঁক বিদ্যমান থাকে, তাকেই যন্ত্রাংশের ফাঁক বলে। উদাহরণ-স্বরূপ, ইঞ্জিনের সিলিণ্ডার ও পিস্টন, শ্যাফট ও বিয়ারিং প্রভৃতির মাঝের ফাঁক যন্ত্রাংশের ফাঁক নামে পরিচিত। বিভিন্ন যন্ত্রাংশের ব্যাস ও অবস্থান বিবেচনা করে এই ফাঁকের মাত্রা কম-বেশি নির্ধারিত হয়। এই ফাঁকের মধ্যে পিচ্ছিলকরণ তেল উপস্থিত থেকে ঘূর্ণায়মান যন্ত্রাদির বোঝা বহন, ঘর্ষণ ও তাপ কমানো প্রভৃতি

চিত্র ৩.১৪ : ইঞ্জিনের সিলিণ্ডার ও পিস্টনের মাঝে নির্দিষ্ট ও ক্ষয়প্রাপ্ত অবস্থায় ফাঁকের মাত্রা প্রদর্শন।

কার্যসাধন করে যন্ত্রাদিকে সুষ্ঠুভাবে কাজ করতে সাহায্য করে। ৩.১৪ চিত্রে ইঞ্জিনের সিলিণ্ডার ও পিস্টনের মাঝে নির্দিষ্ট ও ক্ষয়প্রাপ্ত অসম ফাঁকের মাত্রা ধারাবাহিকভাবে দেখানো হয়েছে।

এই চিত্রটিকে চারটি ভাগে ভাগ করা হয়েছে। এর সর্ববামে সিলিণ্ডার ও পিস্টনের প্রকৃত ফাঁক, ২য় অংশে ক্ষয়যুক্ত অধিক ফাঁক (wear), ৩য় অংশে মোচাকৃতি ফাঁক এবং ৪র্থ অংশে অগোলাকার ফাঁক (out of round) দেখানো হয়েছে। যন্ত্রাংশের এই চারটি ফাঁকের মধ্যে প্রথমটি সঠিক এবং পরবর্তী তিনটি ত্রুটিযুক্ত। যন্ত্রাদি নতুন অবস্থায় উহার যন্ত্রাংশের মাঝে ফাঁকের মাত্রা সঠিক থাকে, সুষ্ঠুরূপে কাজ করলে নির্দিষ্ট কার্যকাল শেষ হবার পর উহার যন্ত্রাংশ একে অপরটির সঙ্গে ঘর্ষণে ক্ষয় ও ত্রুটিযুক্ত হয়।

সাধারণভাবে সিলিণ্ডার ও পিস্টনের মাঝে ফাঁকের মাত্রা প্রতি ইঞ্চি পিস্টনের ব্যাসে বা প্রতি ২.৫৪ সেন্টিমিটারে ০.০১০ বা ১০´´ থাউ বা ১/৪ মিলিমিটার। কিন্তু নেলসন বোনালাইট ইনভার স্ট্রুট ধাতু নির্মিত সঙ্কর ঢালাই লোহা নির্মিত পিস্টন ও সিলিণ্ডারের মাঝে ফাঁকের মাত্রা প্রতি ইঞ্চি বা ২.৫৪ সেন্টিমিটার পিস্টনের ব্যাসে ০.০০১৭৫´´ বা পৌণে এক থাউ বা ১/২৫ মিলিমিটার যার মাত্রা খুবই নগণ্য।

বিয়ারিংসমূহে দুই রকম ফাঁক ব্যবহার করা হয়, এদের মধ্যে একটি চলমান ফাঁক এবং অপরটি পার্শ্বদেশের ফাঁক। ক্র্যাঙ্ক জারনাল ও বিয়ারিং-এর মাঝের ফাঁককে চলমান ফাঁক (running clearance) এবং বিয়ারিং ও ক্র্যাঙ্ক ওয়েভের মাঝের ফাঁককে পার্শ্বদেশের ফাঁক (side clearance) বলে; যা, ৩.১৫ চিত্রে দেখানো হয়েছে। সাধারণত বিয়ারিং-এর চলমান ফাঁক ০.০০১´´ হতে

চিত্র ৩.১৫ : বিয়ারিং-এর চলমান ও পার্শ্বদেশের ফাঁক।

০.০০৫" (১/৪০ হতে ১/১৪ মিলিমিটার) এবং পার্শ্বদেশের ফাঁকের মাত্রা ০.০০৪" হতে ০.০১২" (১/১০ হতে ১/৩.৫ মিলিমিটার) পর্যন্ত রাখা হয়।

কাপলিং (Coupling) -এর উদ্দেশ্য

একটি চলমান যন্ত্রের ধাক্কায় অন্য কোন যন্ত্র বা যন্ত্রাদি চালনার উদ্দেশ্যে উভয় যন্ত্রের শ্যাফটের মাঝে যে সংযোজন ব্যবহার করা হয়, উহাকেই কাপলিং বলে। সুতরাং কাপলিং-এর উদ্দেশ্য হলো, কোন একটি ঘূর্ণায়মান যন্ত্রের শ্যাফটের সঙ্গে ঘূর্ণন সম্পন্নকারী বস্তুর শ্যাফট সংযোগ করা। কাপলিং-এর মাধ্যমে একটি শ্যাফটকে ঘুরালে ইহার সঙ্গে সংযুক্ত সকল শ্যাফটই একই হারে ঘোরে। কাপলিং প্রস্তুত করতে সাধারণত ঢালাই লোহ (cast iron) ব্যবহার করা হয়।

প্রকারভেদ ও বর্ণনা : ইহাকে দুই ভাগে ভাগ করা যায়, যেমন :

(১) দৃঢ় বা দ্রুত কাপলিং (rigid or fast coupling) এবং
(২) নমনীয় কাপলিং (flexible coupling)।

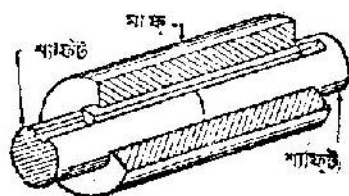
১। দৃঢ় বা দ্রুত কাপলিং

এই কাপলিং দ্বারা শ্যাফট দুটি দৃঢ়ভাবে বদ্ধ থাকে এবং পরস্পরের মধ্যে কোন আপেক্ষিক সঞ্চলন বা নড়াচড়ার সম্ভাবনা থাকে না। দৃঢ় কাপলিং আবার ছয় প্রকার, যথা :

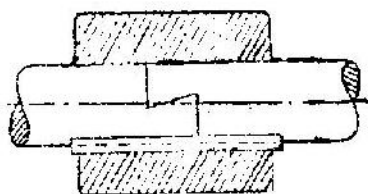
(ক) মাফ বা বক্স (Muff or Box) কাপলিং,
(খ) হাফ্ল্যাপ মাফ (Half lap muff) কাপলিং,
(গ) স্প্লিট মাফ (Split muff) কাপলিং,
(ঘ) ফ্লেঞ্জড (Flanged) কাপলিং,
(ঙ) ইউনিভার্সাল (Universal) কাপলিং,
(চ) ক্লাচ (Clutch) কাপলিং, এবং
(ছ) অলডহাম্স (Oldham's) কাপলিং।

এই কাপলিংসমূহ সম্পর্কে নিম্নে চিত্রসহ বর্ণনা করা হয়েছে।

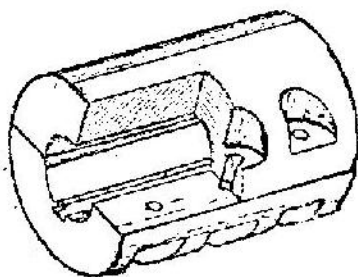
(ক) মাফ বা বক্স কাপলিং : ইহার মাফ অংশ ঢালাই লোহার তৈরি। ইহার মধ্যে এমনভাবে গর্ত বা নালী কাটা থাকে, যার মধ্যে দুই দিক হতে শ্যাফট অতি সহজে প্রবেশ করতে পারে। দুটি শ্যাফটের প্রান্তকে মুখোমুখীভাবে রেখে একটি

প্রান্ত হতে দীর্ঘ সাঙ্ক ট্যাপার কী-কে (Sunk taper key) অথবা উভয় প্রান্ত থেকে দুটি কী-কে শ্যাফট এবং মাফ-এর মধ্যস্থলে প্রবেশ করানো হয়। নিচে ৩.১৬ চিত্রে একটি মাফ বা বক্স কাপলিং এর অর্ধকর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৩.১৬ : মাফ বা বক্স কাপলিং।

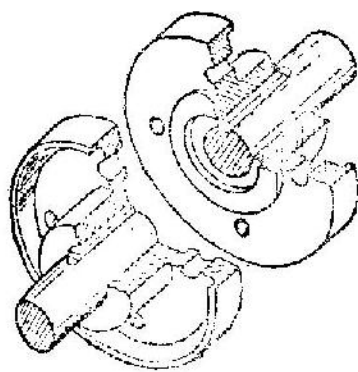
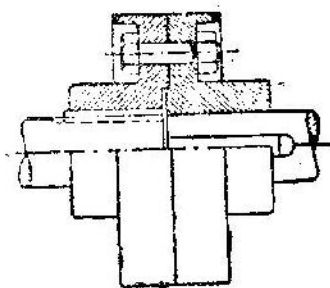
মাফ কাপলিং ব্যবহারের সুবিধা হলো, শ্যাফট দুটিকে কখনও পৃথক করার প্রয়োজন হলে, একটি শ্যাফটকে উহার অক্ষের দিকে অন্ততঃ কাপলিং-এর দৈর্ঘ্যের অর্ধপরিমাণ স্থান সরালেই চলে।

(খ) হাফল্যাপ মাফ কাপলিং : এই ধরনের কাপলিং প্রস্তুতের জন্য শ্যাফট দুটির প্রান্তকে ঢালুভাবে অর্ধচ্ছেদ করে, একটি অর্ধাংশকে অপর অর্ধাংশের উপর চাপ দিয়ে রাখা হয়। এরপর 'মাফ' অংশের শ্যাফটের উপরে সংযোগস্থলে এনে 'হলো স্যাডল কী' (Hollow Saddle Key) এর সাহায্যে শ্যাফট দুটোকে 'মাফ'-এর সাথে দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত করা হয়। শ্যাফটের ছেদ বা কর্তন ঢালুভাবে থাকায় অক্ষ বা কেন্দ্রের বিপরীত দিকে টান পড়লেও একটি শ্যাফট থেকে অপর

চিত্র ৩.১৭ : হাফল্যাপ মাফ কাপলিং।

শ্যাফট বিচ্ছিন্ন হয়ে যায় না। ৩.১৭ চিত্রে একটি হাফল্যাপ মাফ কাপলিং-এর কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

(গ) স্প্লিট মাফ কাপলিং : এই ধরনের কাপলিং-এর মাফ দুটি অর্ধগোলাকার অংশে বিভক্ত। এই অংশ দুটোকে নাট এবং বোল্ট-এর সাহায্যে এবং শ্যাফট দুটোকে 'মাফ' এবং ফেদার কী (feather key)-এর সাহায্যে যুক্ত করানো হয়। ফেদার কী মাফ দুটোর একপার্শ্বে অবস্থান এবং সংযোগে চারটি নাট ও

চিত্র ৩.১৮ : স্প্লিট মাফ কাপলিং।

বোল্ট ব্যবহার করা হয়। ৩.১৮ চিত্রে একটি 'স্প্লিট মাফ কাপলিং' এর অং-কিত নকশা দেখানো হয়েছে।

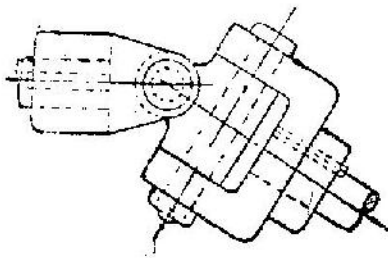
(ঘ) ফ্লেঞ্জড কাপলিং : ইহাই কারিগরি কর্মকাণ্ডে বহুলব্যবহৃত কাপলিং। ইহা ঢালাই লোহা দ্বারা প্রস্তুত দুটি ফ্লেঞ্জকে শ্যাফট দুটির প্রান্তে সাঙ্ক টেপার

চিত্র ৩.১৯ : ফ্লেঞ্জড কাপলিং এর বিয়োজন (ক), ও সংযোজন নকশা (খ)।

কী-এর সাহায্যে দৃঢ়বদ্ধ করে; ফ্লেঞ্জ দুটোকে নাট ও বোল্টের মাধ্যমে সংযুক্ত করা হয়। শ্যাফট দুটোর কেন্দ্র যাতে সর্বদা একই সরলরেখায় অবস্থান করে, এ উদ্দেশ্যে ফ্লেঞ্জ দুটোর একটির মধ্য অংশ একটু বর্ধিত করা এবং অপরটির মধ্য অংশ ঐ একই পরিমাপে গভীর করা হয়। ৩.১৯ চিত্রে (ক) ও (খ)-তে ফ্লেঞ্জড কাপলিং-এর বিয়োজন ও সংযোজন নকশা দেখানো হয়েছে।

ফ্লেঞ্জড কাপলিং-এর নাট ও বোল্ট সংযোজনের খাঁজের মধ্যে সংযুক্ত থাকে বলে, উহাতে কারিগরের কাপড়-চোপড় জড়িয়ে যাবার ভয় থাকে না। এই কাপলিং-এর আরেকটি সুবিধা হলো, কাপলিং-এর চাকাকে বেল্ট পুলি হিসেবে কাজে লাগানো চলে।

(ঙ) **ইউনিভার্সাল কাপলিং :** এই কাপলিং মোটরযানের প্রোপেলার শ্যাফটের প্রান্তদেশের সংযোগের মত, যা এদিক-ওদিক শ্যাফটের ঘূর্ণনকে কৌণিক ঘূর্ণনে পরিণত করে সঠিকভাবে শ্যাফট দুটির যান্ত্রিক শক্তি স্থানান্তরিত করে। এই কাপলিং-এর অপর নাম আঁকড়া সংযোগ (Hooks joint)। যে শ্যাফট দুটোর কেন্দ্রবিন্দু একই সমান্তরালে অবস্থান করে না, সেই ক্ষেত্রে শ্যাফট দুটোকে যুক্ত করতে ইহা (এই সংযোগ) ব্যবহৃত হয়।

ইউনিভার্সাল কাপলিং-এর ফর্ক (fork) দুটো দেখতে সাঁড়াশির মুখের ন্যায় আকারবিশিষ্ট। ইহার দুটি অংশকে শ্যাফট দুটোর প্রান্তে কী-এর সাহায্যে দৃঢ়-

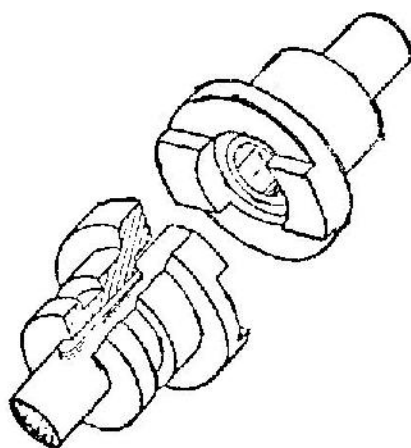
চিত্র ৩.২০ : ইউনিভার্সাল কাপলিং-এর সংযোজন অবস্থা।

ভাবে সংযুক্ত করানো হয়, যা ৩.২০ চিত্রে দেখানো হয়েছে। অতঃপর এক সমকোণে ধারণ করে দুই বাহুবিশিষ্ট অন্য একটি অংশকে ইহাদের মধ্যস্থলে স্থাপন করে সংযোজন পিন (pin) এর সাহায্যে ইহাদের সংযুক্ত করা হয়। ঘূর্ণায়মান শ্যাফট দুটো ঝাঁকুনিজনিত কারণে উঁচু-নিচু হলেও এই কাপলিং

এদিক-ওদিক ঘুরে শ্যাফট ঘূর্ণনের সমতা এনে দুর্ঘটনা এড়িয়ে কাজ করতে পারে।

(চ) ক্লাচ কাপলিং ঃ একই সমান্তরাল ও সমকেন্দ্র বিন্দুবিশিষ্ট দুটি শ্যাফট সংযোজনের জন্য ক্লাচ কাপলিং ব্যবহার করা হয়, যেখানে দুরন্ত শ্যাফটকে অস্থায়ীভাবে সংযোজন বা বিয়োজন করার প্রয়োজন হয়। ক্লাচ কাপলিং প্রধানত: দুই প্রকার, যথা :

(১) ক্ল-ক্লাচ (Ciaw clutch) কাপলিং, এবং

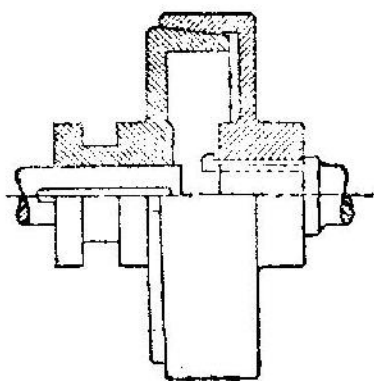
(২) ঘর্ষণ ক্লাচ (Friction clutch) কাপলিং।

ক্ল-ক্লাচ কাপলিং : এই ধরনের কাপলিংকে শুধু 'ক্ল-কাপলিং'ও বলা হয়। যে সকল ক্ষেত্রে শ্যাফট কম হারে ঘোরে, সেইসব ক্ষেত্রে এই ধরনের কাপলিং ব্যবহৃত হয়। এই কাপলিং-এও দুটি ফ্লেঞ্জ ব্যবহৃত হয়, যার একটিতে ৩.২৯ চিত্র অনুযায়ী তুলনামূলকভাবে বর্ধিতাংশ এবং অপর ফ্লেঞ্জে ইহার

চিত্র ৩.২৯ : ক্ল-ক্লাচ কাপলিং-এর আংশিক কর্তিত নকশা।

অনুরূপ খাঁজ কাটা থাকে। ফ্লেঞ্জ দুটির একটিকে শ্যাফটের প্রান্তে সাঙ্ক টেপার কী-এর সাহায্যে দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত করানো হয় এবং অপরটিকে অপর শ্যাফটের সঙ্গে 'ফেদার-কী'-এর সাহায্যে এমনভাবে সংযুক্ত করানো হয়, যাতে ইহা ঐ

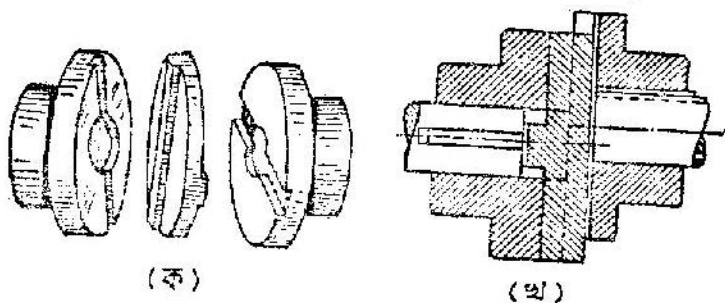
শ্যাফটের উপর দিয়ে সরে গিয়ে অপর ফ্লেঞ্জের সঙ্গে সংযুক্ত অথবা বিযুক্ত হতে পারে। এতে কোন নাট-বোল্ট ব্যবহার করা হয় না।

এই ফ্লেঞ্জ বা শ্যাফট দুটোর সংযোজন আলাদা করতে হলে, মোটরযানের গিয়ার পরিবর্তনের লিবারের মত লিবারের সাহায্যে খাঁজকাটা ফ্লেঞ্জে আরোপ করা হয় এবং লিবারে হাত দ্বারা ধাক্কা দিয়ে কাপলিং আলাদা করা হয়। ফ্লেঞ্জের উপরে যে খাঁজ কাটা থাকে, সেই খাঁজেই লিবার সংযুক্ত করে কাপলিং সংযোজন অথবা বিযোজন করা হয়।

ঘর্ষণ ক্লাচ কাপলিং : এই কাপলিং-এ শ্যাফট দুটোকে চাপের সাহায্যে সংযুক্ত করানো হয় বলে, ইহাকে সঙ্কোচন কাপলিং (Compression coupling) বলা হয়। এতে কাপলিং-এর অংশ দুটোকে দুটি কী-এর সাহায্যে শ্যাফটের

চিত্র ৩.২২ : কৌণিক ঘর্ষণ ক্লাচ কাপলিং-এর আংশিক কর্তিত নকশা।

সঙ্গে সংযুক্ত করা থাকে এবং উপরিভাগের ঘর্ষণজনিত বাধার মাধ্যমে ইহারা পরস্পর দৃঢ়ভাবে এঁটে ধরে। একটি ঘুরন্ত শ্যাফট হতে স্থির শ্যাফটের গতি পরিবর্তন করতে এই ধরনের কাপলিং ব্যবহৃত হয়। আবার একই সরল কেন্দ্ররেখা সূত্রে ঘূরন্ত দুটি শ্যাফটকে হঠাৎ বিযুক্ত করতেও এই কাপলিং উপযোগী। ৩.২২ চিত্রে একটি কৌণিক ঘর্ষণ ক্লাচ কাপলিং দেখানো হয়েছে।

(চ) অলডহামস কাপলিং : যে শ্যাফট দুটির কেন্দ্ররেখা সামন্তরাল, কিন্তু একই রেখায় অবস্থান না করে কিছুটা উঁচু বা নিচুতে অবস্থান করে, সেক্ষেত্রে অলড-হামস কাপলিং ব্যবহার করা হয়। এই কাপলিং তিনটি অংশ নিয়ে গঠিত, যেমন :

চিত্র ৩.২৩ : অলডহামস কাপলিং-এর (ক) বিয়োজন ও (খ) সংযোজন নকশা।

দুটি ফ্লেঞ্জ (flange) এবং একটি ডিস্ক (disc)। ৩.২৩ চিত্রে (ক) অনুযায়ী দুই ফ্লেঞ্জেই আয়তাকার নালী কাটা থাকে এবং ইহাদিগকে শ্যাফটের প্রান্তে কী এর সাহায্যে সংযুক্ত করানো হয়। দুটি ফ্লেঞ্জের মাঝখানে অবস্থান করে ডিস্ক যার উভয় দিকে বিপরীতমুখী এক সমকোণে এবং ফ্লেঞ্জের নালীর পরিমাপের সমান দুটি আয়তাকার উঁচু অংশ থাকে। ডিস্কের এই বর্ধিতাংশ দুটোকে ঐ ফ্লেঞ্জ দুটোর নালীর মধ্যে প্রবেশ করিয়ে সংযুক্ত করানো হয়। ৩.২৩ (খ) চিত্রে এই কাপলিং এর কর্তিত সংযোজিত নকশা দেখানো হয়েছে।

২। নমনীয় কাপলিং

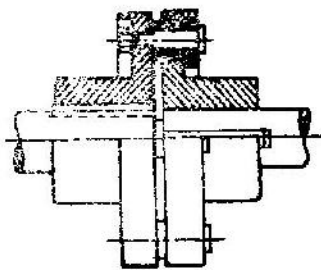
সাধারণত কম বা মধ্যম ক্ষমতাসম্পন্ন যন্ত্রের ঘূর্ণনগতি অপরাপর যন্ত্রে স্থানান্তরের জন্য নমনীয় কাপলিং ব্যবহার করা হয়। আবার যে স্থলে শ্যাফট দুটির কেন্দ্রের সমসূত্রতা বা একরেখাকরণ (alignment) থাকে না, ঐ স্থলে এই কাপলিং ব্যবহার করলে সামান্য সঞ্চলন দ্বারা ঘূর্ণন সংশোধিত হয়। নমনীয়

চিত্র ৩.২৪ : নমনীয় কাপলিং-এর আংশিক কর্তিত নকশা।

কাপলিং বিভিন্ন প্রকার হয়। ৩.২৪ চিত্রে একপ্রকার নমনীয় কাপলিং দেখানো হয়েছে। ইহাতে একটি ফ্লেঞ্জ-এর সঙ্গে পিন নাটের সাহায্যে দৃঢ়ভাবে সংযুক্ত

চিত্র ৩.২৫ : সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প ও বৈদ্যুতিক মোটর সংযোগে নমনীয় কাপলিং-এর ব্যবহার।

করা এবং অপর ফ্লেঞ্জ-এ পিনের ব্যাস অপেক্ষা বড় ব্যাসের গোল ছিদ্র করা থাকে। রাবার বা চামড়ার ওয়াশারের আবরণসহ পিনটিকে এই ছিদ্রের মধ্যে সামান্য ঢিলাভাবে প্রবেশ করানো হয়। প্রকৃতপক্ষে, এই রাবার বা চামড়া নমনীয় ধাতু বলে উহা ফ্লেঞ্জদ্বয়ের সংযোজনে সমসূত্রতা বা সামঞ্জস্য রক্ষা করতে সমর্থ হয়।

৩.২৫ চিত্রে সেন্ট্রিফিউগ্যাল পাম্প ও বৈদ্যুতিক মোটর সংযোগে নমনীয় কাপলিং-এর ব্যবহার দেখানো হয়েছে।

প্রশ্নমালা

১। (ক) লিমিট ফিট (limit fit) বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা কত প্রকার ও কি কি?
(গ) চিত্রসহ একপ্রকার লিমিট ফিট দেখাও।

২। (ক) টলারেন্স (tolerance) বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা যন্ত্রাংশের কোথায় পরিলক্ষিত হয় চিত্রসহ উল্লেখ কর।
(গ) ইহা কত প্রকার ও কি কি?
(ঘ) চিত্রসহ একপ্রকার টলারেন্স বর্ণনা কর।

৩। (ক) যন্ত্রাংশের ফাঁক (clearence) বলতে কি বুঝ?
(খ) যন্ত্রাংশের ফাঁক ও সাধারণ ফাঁক-এর মধ্যে পার্থক্য কি চিত্রসহ দেখাও।
(গ) ইন্টারফিয়ারেন্স (Interference) শব্দটি যান্ত্রিক নকশার কোন স্থানে খাটে, চিত্রসহ বর্ণনা কর।

৪। (ক) কাপলিং (coupling)-এর উদ্দেশ্য কি?
(খ) ইহা কত প্রকার ও কি কি?
(গ) দৃঢ় বা দ্রুত কাপলিং (Rigid or fast coupling) কত প্রকার ও কি কি?
(ঘ) যে কোন একপ্রকার দৃঢ় কাপলিং চিত্রসহ বর্ণনা কর।

৫। (ক) কাপলিং প্রস্তুত করতে সাধারণত কি কি ধাতু ব্যবহার করা হয়?
(খ) মাফ এবং হাফল্যাপ মাফ (Muff and half lap muff) কাপলিং-এর মধ্যে গঠনমূলক পার্থক্য চিত্রসহ দেখাও।
(গ) স্প্লিট মাফ (Split muff) কাপলিং ব্যবহারের প্রধান অসুবিধা কি?

৬। (ক) ফ্লেঞ্জড কাপলিং (Flanged coupling)-এর চিত্র এঁকে সুবিধা ও অসুবিধা বর্ণনা কর।
(খ) ইউনিভার্সাল কাপলিং (Universal coupling) কোথায় ব্যবহার করা হয় এবং কেন?
(গ) একটি ইউনিভার্সাল কাপলিং এর চিত্র এঁকে যন্ত্রাংশের নাম লিখ।

৭। (ক) ক্লাচ কাপলিং (Clutch coupling) বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা কত প্রকার ও কি কি?
(গ) যে কোন এক প্রকার 'ক্লাচ কাপলিং' চিত্রসহ বর্ণনা কর।
(ঘ) অলডহামস (Oldhams) কাপলিং বলতে কি বুঝ?

৮। টীকা লিখ:

(ক) লিমিট ফিট (Limit fit)
(খ) যন্ত্রাংশের ফাঁক (Clearence of parts)
(গ) সাধারণ বা বাতাসের ফাঁক (Allowance or air gap)
(ঘ) টলারেন্স (Tolerance)
(ঙ) 'ভাল্‌ভের ইন্টারফিয়ারেন্স কোণ' (Interference angle of valve)
(চ) কাপলিং (Coupling)।

চতুর্থ অধ্যায়

সংযোজক ও পাইপিং নকশা

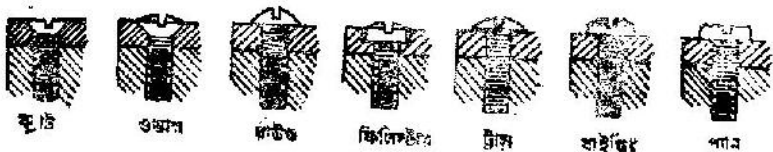
সংযোজক (Fasteners)

ইহা কারিগরি কর্মকাণ্ডে ব্যবহৃত এমন একপ্রকার বিশেষ যন্ত্রাংশ, যার সাহায্যে দুই বা ততোধিক যন্ত্রাংশকে সংযোজন বা একীভূত করা হয়। কোন যন্ত্র, দালান-কোঠা, আসবাবপত্র প্রভৃতির যন্ত্রাংশ সংযোজন করার কাজে বিভিন্ন প্রকার সংযোজক ব্যবহৃত হয়। তাই, বিভিন্ন প্রকার সংযোজক সম্বন্ধে জ্ঞানার্জন করতে হলে উহাদের নকশা অঙ্কন করা প্রকৌশলীদের জন্য অপরিহার্য। বিভিন্ন প্রকার সংযোজক সম্বন্ধে নিম্নে চিত্রসহ বর্ণনা করা হয়েছে। যেমন :

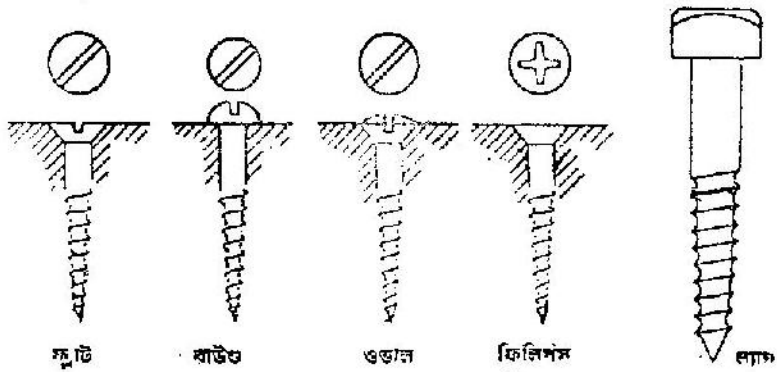
(অ) স্ক্রু (Screw),
(আ) বোল্ট ও নাট (Bolt and Nut),
(ই) রিভেট (Rivet),
(ঈ) ওয়াশার (Washer),
(উ) কী (Key),
(ঊ) পিন (Pin),
(ঋ) শ্যাফটিং (Shafting), ইত্যাদি।

স্ক্রু

ব্যবহারের দিক বিচার করে স্ক্রুকে দুই ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন :

(ক) মেশিন বা যান্ত্রিক স্ক্রু (Machine screw) এবং
(খ) কাঠের স্ক্রু (Wooden screw)।

চিত্র ৪.১ : তিন প্রকার মেশিন স্ক্রু-এর নমুনা।

(ক) লৌহজাতীয় যন্ত্রাদির যন্ত্রাংশ সংযোজনে মেশিন স্ক্রু ব্যবহৃত হয়। সকল স্ক্রু সংযোগ করতে স্ক্রু-ড্রাইভার ব্যবহৃত হয়। ৪.১ চিত্রে তিন প্রকার মেশিন স্ক্রু-এর নমুনা নকশা দেখানো হয়েছে।

(খ) কাঠের স্ক্রু ব্যবহারের ক্ষেত্র হলো কাঠ বা কাঠ জাতীয় অংশসমূহ সংযোজিত করা। কাঠের স্ক্রু দেখতে লোহার বা মেশিন স্ক্রু অপেক্ষা লম্বা। এই স্ক্রু-এর অগ্রভাগ সূচাগ্র এবং প্যাঁচসমূহ ফাঁকে ফাঁকে এবং স্ক্রু-এর

চিত্র ৪.২ : দুই প্রকার কাঠের স্ক্রু-এর নমুনা।

ব্যাস অপেক্ষা প্যাঁচের ব্যাস অনেকাংশে বড় থাকে। ৪.২ চিত্রে দুই প্রকার কাঠের স্ক্রু-এর নমুনা দেখানো হয়েছে।

স্ক্রু এর প্যাঁচ (Screw thread)

১। স্ক্রু-এর প্যাঁচের আকৃতি অনুসারে উহাকে সাধারণত দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়, যেমন :

(ক) বর্গাকৃতি প্যাঁচ (Square thread), এবং

(খ) V-আকৃতির প্যাঁচ (V-thread)।

কারিগরি কর্মকাণ্ডে, এই দুইটি প্যাঁচের মধ্যে V-আকৃতির প্যাঁচের প্রচলন অধিক। ৪.৩ চিত্রে দুটি স্ক্রু-এর বর্গাকৃতি ও V-আকৃতির খাঁজ বা প্যাঁচ দেখানো হয়েছে। স্ক্রুয়ের উভয় প্যাঁচই লেদযন্ত্রে কেটে প্রস্তুত করা যায়।

২। স্ক্রু-এর প্যাঁচের অবস্থানভেদে উহাকে দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়, যেমন :

(ক) বহির্দেশীয় প্যাঁচ (External thread) এবং
(খ) অন্তর্দেশীয় প্যাঁচ (Internal thread)।

চিত্র ৪.৩ : স্ক্রু-এর বর্গাকৃতি ও V-আকৃতির প্যাঁচ।

স্ক্রু-এর বহির্দেশে যে প্যাঁচ কাটা হয়, উহাকে বহির্দেশীয় প্যাঁচ বলে। এই প্যাঁচ ধাতব পদার্থের যে ছিদ্রের প্যাঁচের মধ্যে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে সংযুক্ত করা

চিত্র ৪.৪ : একটি স্ক্রু-এর বহির্দেশীয় এবং অন্তর্দেশীয় প্যাঁচ বা খাঁজের প্রোফাইল।

হয়, উহাকে অন্তর্দেশীয় প্যাঁচ বলে। ৪.৪ চিত্রে একটি স্ক্রু-এর বহির্দেশীয় এবং অন্তর্দেশীয় প্যাঁচ বা খাঁজের প্রোফাইল দেখানো হয়েছে।

৩। স্ক্রু-এর প্যাঁচের ঘূর্ণনের দিক অনুসারে উহাকে সাধারণত দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়, যেমন :

(ক) ডানহাতি প্যাঁচ (Right hand thread), এবং
(খ) বামহাতি প্যাঁচ (Left hand thread)।

(ক) ডানহাতি প্যাঁচ : যেসব স্ক্রুকে ডানদিকে ঘুরালে সেগুলি লম্বভাবে নিচে নামতে থাকে, স্ক্রু-এর সেই ধরনের প্যাঁচকে ডানহাতি প্যাঁচ বলে। সম্মুখ থেকে দেখলে এই ধরনের স্ক্রু অথবা বোল্টসমূহের (bolt) প্যাঁচগুলি বামদিকে নত বা হেলানো দেখা যায়। এই ধরনের প্যাঁচের প্রচলন সবচেয়ে বেশি।

(খ) বামহাতি প্যাঁচ : যে স্ক্রু অথবা বোল্টসমূহে উপরের দিক থেকে বামদিকে ঘুরালে উহা লম্বভাবে নিচের দিকে নামতে থাকে, সেই স্ক্রু অথবা বোল্টসমূহের প্যাঁচকে বামহাতি প্যাঁচ বলা হয়। সম্মুখ থেকে এই প্রকার প্যাঁচবিশিষ্ট স্ক্রু অথবা বোল্টের প্রতি দৃষ্টিপাত করলে, প্যাঁচগুলি ডানদিকে নত বা হেলানো দেখা যায়। এই প্রকার প্যাঁচের প্রচলন খুবই কম।

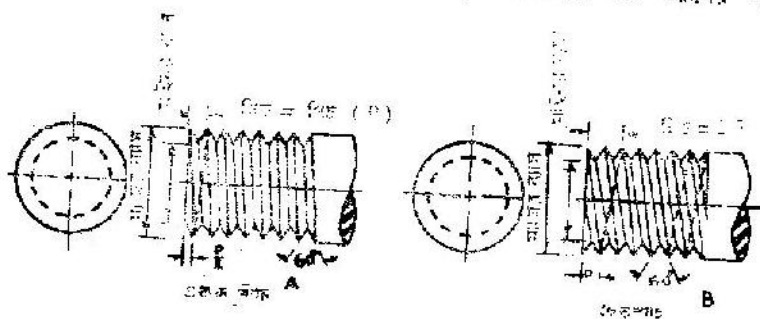
৪.৫ চিত্রে দুটি বোল্ট দিয়ে ডানহাতি ও বামহাতি প্যাঁচের নমুনা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.৫ : ডানহাতি ও বামহাতি (বোল্টের) প্যাঁচের নমুনা।

৪। প্যাঁচের প্রকৃতি বিবেচনা করে উহাকে আবার দুটি শ্রেণীতে ভাগ করা হয়, যেমন :

(ক) একক প্যাঁচ (Single thread),
(খ) দ্বৈত প্যাঁচ (Double thread)।

(ক) একক প্যাঁচ : কোন বস্তু উপর যখন একটিমাত্র প্যাঁচ ঘুরে ঘুরে অগ্রসর হয়, তখন উহাকে একক প্যাঁচ বলে। সাধারণত এই ধরনের প্যাঁচ-

চিত্র ৪.৬ : একক এবং দ্বৈত প্যাঁচ।

বিশিষ্ট স্ক্রু এবং বোল্টই অধিকাংশ স্থানে ব্যবহৃত হয়। একক প্যাঁচের কোন স্ক্রু বা নাটকে বোল্টের উপর দিয়ে পূর্ণ এক পাক ঘুরালে উহা কেন্দ্রের দিকে যতটুকু অগ্রসর হয়, ঐ দৈর্ঘ্যকে 'পিচ' (Pitch) বলে। এই ধরনের

প্যাঁচ দ্বৈত প্যাঁচের তুলনায় অপেক্ষাকৃত কম হেলানো এবং পিচ ও লিডের মাত্রা সমান। ৪.৬ চিত্রে একক ও দ্বৈত প্যাঁচ দেখানো হয়েছে।

(খ) দ্বৈত প্যাঁচ : দ্রুত শক্তি পরিবহণের উদ্দেশ্যে প্যাঁচের শীর্ষ বা চূড়ার দূরত্বকে যখন বর্ধিত করার আবশ্যক হয়, তখন একই পিচবিশিষ্ট দুই বা ততোধিক প্যাঁচকে পরস্পরের সাথে সমান্তরালভাবে ঘুরিয়ে ঘুরিয়ে অগ্রসর করানো হয়। এই প্রকার প্যাঁচকে দ্বৈত প্যাঁচ বলা হয়। সাধারণত ফাউন্টেন পেনের ঢাকনি দ্বৈত প্যাঁচে প্রস্তুত করা হয়। দ্বৈত প্যাঁচকে পূর্ণ এক পাক ঘুরালে, উহা যতটুকু স্থান অক্ষের দিকে অগ্রসর হয়, ঐ দৈর্ঘ্যকে লিড (Lead) বলা হয়। দ্বৈত প্যাঁচের পিচ এবং একক প্যাঁচের পিচের পরিমাপ একই, কিন্তু একক প্যাঁচের লিডের চেয়ে দ্বৈত প্যাঁচের লিড দ্বিগুণ পরিমাপের।

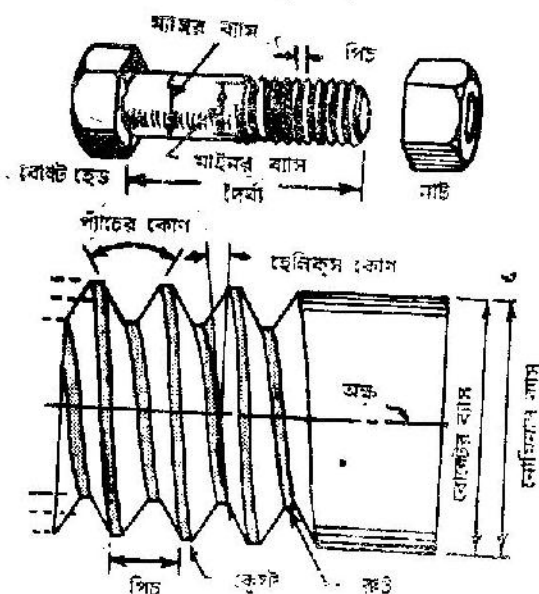
এই ধরনের প্যাঁচ একক প্যাঁচের তুলনায় বেশি হেলানো, যা ৪.৬ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

৫। একক দৈর্ঘ্যের প্যাঁচের সংখ্যা বিবেচনা করে স্ক্রু অথবা বোল্টের প্যাঁচকে সাধারণত দুইভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যথা :

(ক) সূক্ষ্ম প্যাঁচ (Fine thread) এবং
(খ) মোটা বা অধিক ফাঁকবিশিষ্ট প্যাঁচ (Coarse thread)।

(ক) সূক্ষ্ম প্যাঁচ : সাধারণত ছোট আকৃতির স্ক্রু, বোল্ট ও নাটসমূহে ব্যবহৃত প্যাঁচসমূহকে সূক্ষ্ম আকারে প্রস্তুত করা হয়। যন্ত্রাদির স্ক্রু-এর অধিকাংশ ক্ষেত্রে এই ধরনের প্যাঁচ ব্যবহৃত হয়। সূক্ষ্ম প্যাঁচবিশিষ্ট স্ক্রু, নাট অথবা বোল্টের শক্তি অপেক্ষাকৃত বেশি। কারণ, এই প্যাঁচের গভীরতা কম, যা সংযুক্ত অবস্থায় সহজে ঢিলা হয় না। প্রতি ইঞ্চি, সেন্টিমিটার প্রভৃতি দৈর্ঘ্য পরিমাপের উপর এই প্যাঁচের সংখ্যা অপেক্ষাকৃত বেশি থাকে। ৪.৭ চিত্রে স্ক্রু-এর সূক্ষ্ম এবং মোটা প্যাঁচ দেখানো হয়েছে। সূক্ষ্ম প্যাঁচের স্ক্রু অথবা বোল্ট, নাট প্রভৃতি প্রস্তুত করতে ইস্পাত ধাতু ব্যবহৃত হয়।

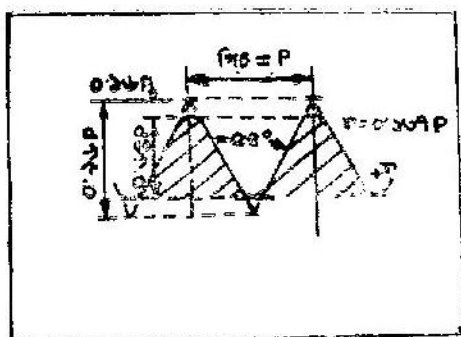
(খ) মোটা প্যাঁচ : সাধারণত বড় আকৃতির স্ক্রু, বোল্ট ও নাটসমূহে মোটা বা অধিক ফাঁকবিশিষ্ট প্যাঁচ ব্যবহৃত হয়। প্রতি ইঞ্চি, সেন্টিমিটার প্রভৃতি দৈর্ঘ্য পরিমাপের উপর ইহাতে প্যাঁচের সংখ্যা অপেক্ষাকৃত কম থাকে। তদুপরি, এই স্ক্রু অথবা বোল্ট প্যাঁচের উচ্চতা ও গভীরতাও বেশি থাকে। ফলে, উহাদের শক্তি অপেক্ষাকৃত কম হয় এবং সংযুক্ত অবস্থায় ঢিলা হয়ে যায়।

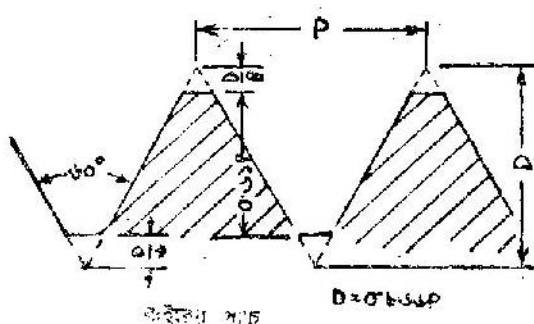
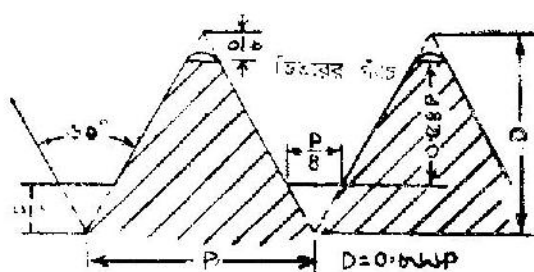
মোটা প্যাঁচের স্ক্রু, নাট অথবা বোল্ট প্রস্তুত করতে সাধারণত ঢালাই লোহা নরম ইস্পাত (Mild steel) প্রভৃতি ধাতু ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ৪.৭ : স্ক্রু-এর সূক্ষ্ম এবং মোটা প্যাঁচ।

৬। স্ক্রু-এর প্যাঁচের আধুনিকতা বিবেচনা করে উহাকে নিম্নবর্ণিত ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন :

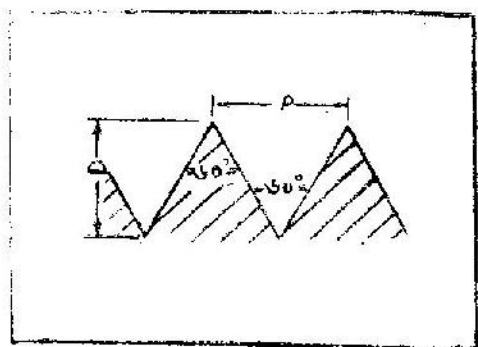
(ক) বি. এস. ডব্লিউ (British Standard Whitworth) প্যাঁচ,
(খ) এ.এন. ইউনিফায়েড (American National Unified) প্যাঁচ,
(গ) শার্প-V প্যাঁচ (Sharp-V thread),
(ঘ) ওয়ার্ম প্যাঁচ (Worm thread), প্রভৃতি।

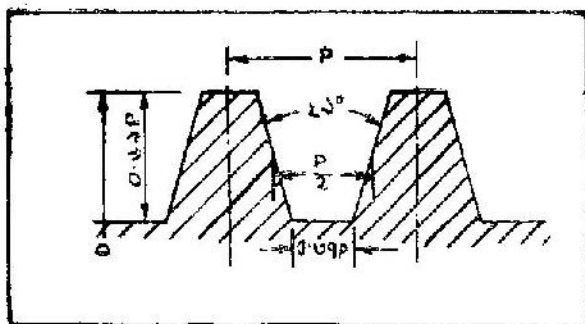
(ক) বি. এস. ডব্লিউ প্যাঁচ : এই প্রকার স্ক্রু-এর প্যাঁচ সর্বাধিক প্রচলিত এবং এর মাথাসমূহ সামান্য গোল থাকে। ৪.৮ চিত্র অনুসারে এই প্যাঁচের একটি থেকে অপরটিতে ৫৫° কোণ (angle) এবং গভীরতা = ০.৬৪০৩ × পিচ (p) থাকে। সাধারণ নাট, বোল্ট ও স্ক্রুতে এই ধরনের প্যাঁচ ব্যবহৃত হয়।

(খ) এ. এন. ইউনিফায়েড প্যাঁচ : এই ধরনের প্যাঁচ আন্তর্জাতিক প্যাঁচ হিসেবে খ্যাত। ইহাকে সংক্ষেপে ইউনিফায়েড প্যাঁচও বলা হয়। এই প্যাঁচের কোণের

চিত্র ৪.৮ : বি. এস. ডব্লিউ প্যাঁচ।

মান ৬০°, যার বাইরের প্যাঁচের বেলায় উভয়েরই রুট (root) বা মাথার অংশ গোলাকার, কিন্তু ভিতরের প্যাঁচের ভিতরের মাথা সামান্য গোলাকার এবং বাইরের মাথা প্যাঁচের ভূমি-সমান্তরাল থাকে। ৪.৯ চিত্রে ইউনিফায়েড প্যাঁচ দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.৯ : ইউনিফায়েড (ভিতর ও বাইরের) প্যাঁচ।

এই প্যাঁচের গভীরতা (বাইরের) = $\frac{৫}{৮}$ D = ০.৫৪ p
এই প্যাঁচের গভীরতা (ভিতরের) = $\frac{১৭}{২৪}$ D = ০.৬১ p
উভয়ের বেলাতেই, প্যাঁচের কোণ = ৬০°

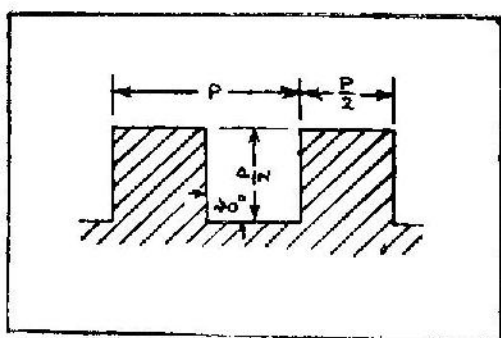
(গ) শার্প-V প্যাঁচ : এই প্যাঁচের আকৃতি ইংরেজি অক্ষর V এর মত এবং সূচ্যগ্র ; ইহাকে অন্য কথায় সেলার্স (Sellers) প্যাঁচও বলা হয়। কোন কোন

চিত্র ৪.১০ : শার্প-V প্যাঁচ।

শার্প-V প্যাঁচের মাথা আংশিক সমতল। উহার দুটি প্যাঁচের কোণের পরিমাপ ৬০°, সর্বোচ্চ উচ্চতা ০.৮৬৬ p এবং সর্বনিম্ন উচ্চতা (চিত্রানুযায়ী) ০.৬৪৯ p, সমতলের পরিমাপ $\frac{p}{৮}$ ইউনিট। ৪.১০ চিত্রে শার্প-V প্যাঁচের নমুনা নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.১১ : ওয়ার্ম প্যাঁচ।

(খ) ওয়ার্ম প্যাঁচ : স্ক্রু, নাট অথবা বোল্টের এই ধরনের প্যাঁচ গতি (motion) এবং ক্ষমতা (power) স্থানান্তর করা এবং অক্ষের সঙ্গে রেখার মধ্যে বল ধারণ করার জন্য ব্যবহৃত হয়। মোটরযানের স্টিয়ারিং পদ্ধতিতে ওয়ার্ম গিয়ার ব্যবহৃত হয়। এই প্যাঁচের কোণের পরিমাপ ২৯° এবং একমি প্যাঁচের উচ্চতার চেয়ে এই প্যাঁচের উচ্চতা তুলনামূলকভাবে বেশি, যার মাত্রা 0.৬৯ p এবং উভয় প্যাঁচের চেয়ে নিম্নাংশের দূরত্ব 0.৩১ p ইউনিট। ৪.১১ চিত্রে ওয়ার্ম প্যাঁচ দেখানো হয়েছে।

৭। প্যাঁচের প্রচলন বিবেচনা করে স্ক্রু-এর প্যাঁচকে নিম্নবর্ণিত চারটি ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন :

(ক) বর্গাকৃতি প্যাঁচ (Square thread),
(খ) একমি প্যাঁচ (Acme thread),
(গ) নাকল প্যাঁচ (Knuckle thread), এবং
(ঘ) বাট্রেস প্যাঁচ (Buttress thread)।

(ক) বর্গাকৃতি প্যাঁচ : এই ধরনের প্যাঁচের উপরের এবং নিম্নাংশ ৪.১২ চিত্র অনুযায়ী পরস্পরের সাথে সমান্তরাল এবং কোণগুলি কেন্দ্র রেখার সঙ্গে ৯0°

চিত্র ৪.১২ : বর্গাকৃতি প্যাঁচের নমুনা।

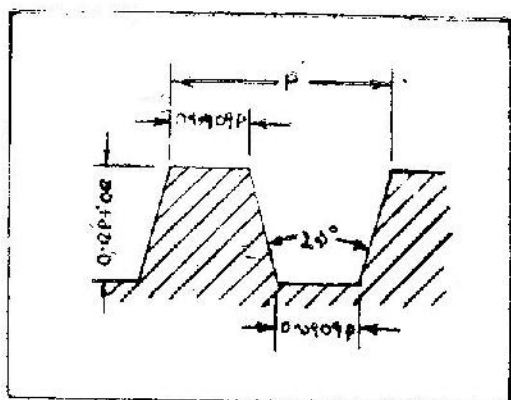
পরিমাপের। প্যাঁচের গভীরতা 0.৫ × p (পিচ) একক এবং প্যাঁচের প্রস্থ ও উচ্চতার পরিমাণ সমান ($\frac{p}{2}$)। জ্যাক স্ক্রুতে এই প্যাঁচ ব্যবহৃত হয়।

(খ) একমি প্যাঁচ : ইহা বর্গাকৃতি প্যাঁচের রূপান্তর মাত্র, কারণ এর প্যাঁচ-দ্বয়ের কোণের পরিমাণ মাত্র ২৯°। ইহার রুট (root) অংশ বর্গাকৃতি প্যাঁচ-অপেক্ষা অধিক শক্তিসম্পন্ন। এই ধরনের প্যাঁচ ছেদযন্ত্রে প্রস্তুত করা বেশ সহজ।

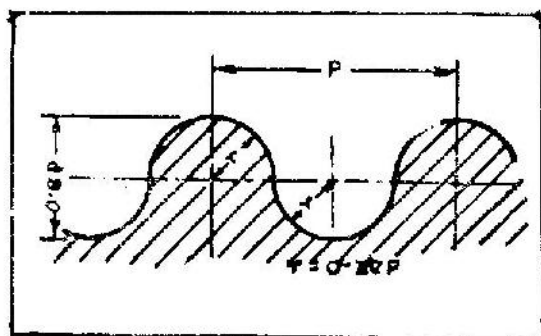
৪.১৩ চিত্রে একমি প্যাঁচের নমুনা দেখানো হয়েছে। ইহার পরিমাপ নিম্নরূপ :

প্যাঁচের কোণ = ২৯°

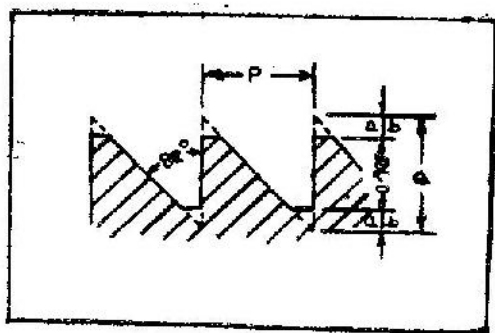
গভীরতা = ০.৫ × পিচ + ০.০১″ (০.০২৫৪ সেঃ মিঃ)

চূড়ার প্রস্থ = ০.৩৭০৭ × পিচ (p)

চিত্র ৪.১৩ : একমি প্যাঁচের নমুনা।

লেদ যন্ত্রের লিড স্ক্রু, হাফ নাট প্রভৃতি প্রস্তুত করতে এই প্যাঁচ ব্যবহৃত হয়।

(গ) নাকল প্যাঁচ : এই প্যাঁচের মাথা এবং উভয় প্যাঁচের মধ্যস্থল গোলাকার বা অর্ধগোলাকার থাকে বলে, ইহাকে গোলাকার অথবা রোপ (rope) প্যাঁচও বলা হয়। ৪.১৪ চিত্রে নাকল প্যাঁচের নমুনা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.১৪ : নাকল প্যাঁচের নমুনা।

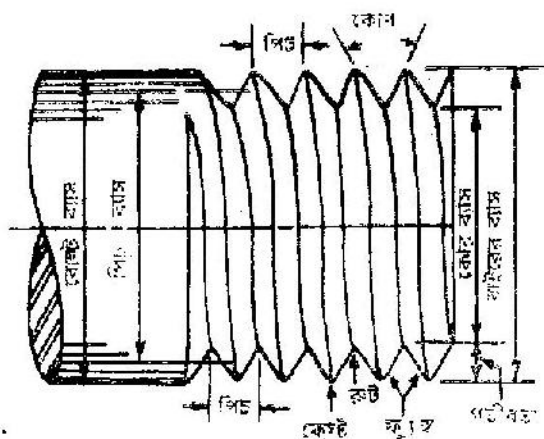
এই প্যাঁচের উচ্চতা = ০.৫ p এবং ব্যাসার্ধ r = ০.২৫ p; ইহা রেলগাড়ির কাপলিং স্ক্রু ও বৈদ্যুতিক বাতির লাকনা প্রস্তুতের প্যাঁচ হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

(ঘ) বাট্রেস প্যাঁচ: ইহা প্রকৃতপক্ষে V-আকৃতির প্যাঁচ এবং বর্গাকৃতি প্যাঁচের সমষ্টিবিশেষ। ৪.১৫ চিত্রে এই ধরনের প্যাঁচের নমুনা দেখানো হয়েছে, যার পরিমাপ নিম্নরূপ:

চিত্র ৪.১৫: বাট্রেস প্যাঁচের নমুনা।

প্যাঁচের কোণ = ৪৫°, গভীরতা = ০.৬৯ × পিচ (p), চূড়ার প্রস্থের পরিমাপ = $\frac{\text{পিচ}}{8}$। দ্রুত ক্রিয়াশীল ভাইস যন্ত্রে অথবা যে সকল যন্ত্রের প্যাঁচের উপর এক দিক থেকে চাপ পড়ে, সে সকল ক্ষেত্রে বাট্রেস প্যাঁচ ব্যবহৃত হয়।

স্ক্রু এর প্যাঁচের আন্তর্জাতিক মান (International standard of screw thread)

পৃথিবীতে বিভিন্ন রকম যন্ত্রে বিভিন্ন রকম নাট, বোল্ট, স্ক্রু ব্যবহৃত হয়; যার প্রত্যেকটি প্রস্তুত করার জন্য নির্দিষ্ট পরিমাপ ও ধাতু ব্যবহৃত হয় এবং সঠিক-ভাবে উহাদের নামকরণও করা হয়। একটি নাট, বোল্ট ও স্ক্রু-এর স্থলে যাতে অপর একটি সংযুক্ত করতে হয় এই উদ্দেশ্যে প্রত্যেক স্ক্রু অথবা বোল্টের প্যাঁচের অন্তর্বর্তী কোণ, গভীরতা ইত্যাদি নির্দিষ্ট মানের হয়ে থাকে। সেজন্য এই

সকল প্রয়োজনীয় খুচরাংশের প্যাঁচকে 'আদর্শ প্যাঁচ' বলা হয়। ৪.১৬ চিত্রে একটি বোল্ট-এর প্যাঁচ ও অন্যান্য অংশের আন্তর্জাতিক মান দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.১৬ : একটি বোল্ট-এর প্যাঁচ ও অন্যান্য অংশের আন্তর্জাতিক মান।

চূড়া (Crest) : স্ক্রু অথবা বোল্ট-এর প্যাঁচের শীর্ষকে চূড়া বলে।

খাঁজ (Root) : সন্নিহিত দুটি প্যাঁচের নিম্নতম ভাঁজ বা মূলকে খাঁজ বলে।

ফ্ল্যাংক (Flank) : চূড়া ও খাঁজ-এর অন্তর্বর্তী পৃষ্ঠদেশকে 'ফ্ল্যাংক' বলে।

পিচ (Pitch) : স্ক্রু-এর প্যাঁচের চূড়া থেকে ঠিক পরবর্তী প্যাঁচের চূড়া পর্যন্ত দূরত্বকে পিচ বলে (চিত্র ৪.১৬)। প্যাঁচের আদর্শ মান অনুযায়ী উহার সূত্র নিম্নরূপ :

$$\text{পিচ} = \frac{১}{\text{প্রতি মিলিমিটারে প্যাঁচের সংখ্যা}}$$

সুতরাং, কোন স্ক্রু অথবা বোল্টে প্রতি মিলিমিটারে নির্ধারিত প্যাঁচের সংখ্যা দ্বারা ১ কে ভাগ করলে উহার পিচ-এর মাত্রা বা পরিমাণ জানা যায়।

গভীরতা (Depth) : প্যাঁচের চূড়া থেকে খাঁজ পর্যন্ত দূরত্বকে (লম্বভাবে গৃহীত) উহার গভীরতা বলে, যা পিচ-এর উপর নির্ভর করে।

প্যাঁচের কোণ (Angle) : দুটি প্যাঁচের মাঝামাঝি কোণকে প্যাঁচের কোণ বলে।

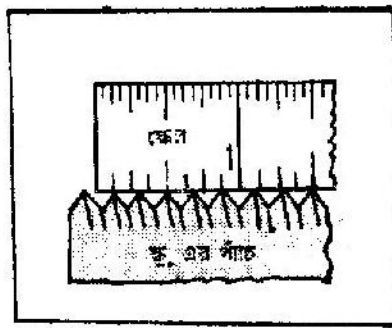
স্বাভাবিক ব্যাস (Nominal diameter) : কোন স্ক্রু, নাট অথবা বোল্টের প্রকৃত ব্যাসকে বা প্যাঁচ কাটার পূর্বেকার ব্যাসকে উহার স্বাভাবিক ব্যাস বলে।

প্যাঁচের বহির্দেশের ব্যাস (Outside diameter) : প্যাঁচসমূহের শীর্ষ বা চূড়ার ব্যাসকে প্যাঁচের বহির্দেশের ব্যাস বা সর্বোচ্চ ব্যাস বলে (**major** dia.)।

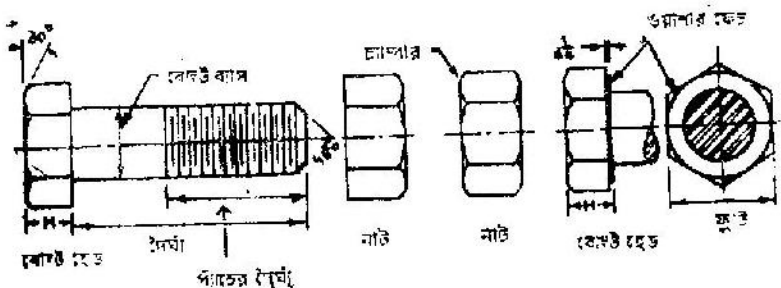
কোর ব্যাস (Core diameter) : প্যাঁচের উপরের খাঁজের নিম্নাংশ থেকে নিম্ন খাঁজের নিম্নাংশ পর্যন্ত যে ব্যাস, উহাকে কোর ব্যাস বলে; উহাকে নিম্নতম ব্যাসও (minor dia.) বলা হয়।

পিচ ব্যাস (Pitch diameter) : প্যাঁচের বাইরের ব্যাস থেকে প্যাঁচের একদিকের গভীরতা বিয়োগ করলে 'পিচ ব্যাস' পাওয়া যায়। স্ক্রু প্যাঁচের মাইক্রোমিটারের সাহায্যে এই ব্যাস পরিমাপ করা যায়।

একক পরিমাপে প্যাঁচের সংখ্যা (Thread per unit measurement)

স্ক্রু অথবা বোল্টের প্রতি ইঞ্চি অথবা সেন্টিমিটার-এর দৈর্ঘ্যে যে কয়টি প্যাঁচ থাকে, উহার উপরই স্ক্রু-এর প্যাঁচের সূক্ষ্মতা বিবেচিত হয়। প্রতি একক পরিমাপে অপেক্ষাকৃত বেশিসংখ্যক প্যাঁচ থাকলে উহাকে সূক্ষ্ম প্যাঁচ এবং অপেক্ষাকৃত কম প্যাঁচ থাকলে উহাকে মোটা প্যাঁচ বলা হয়। ৪.১৭ চিত্রে স্টীল রুলের সাহায্যে স্ক্রু-এর প্যাঁচের সংখ্যা পরিমাপ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। এর প্রথম চিত্রে স্ক্রু-এর ১ ইঞ্চি (২.৫৪ সেঃ মিঃ) দৈর্ঘ্যে ৫ (পাঁচ) টি প্যাঁচ এবং দ্বিতীয় চিত্রে ১ ইঞ্চি (২.৫৪ সেন্টিমিটার) দৈর্ঘ্যে ৭½ (সাড়ে সাত) টি প্যাঁচ দেখানো হয়েছে। স্ক্রু পিচ গেজ (Screw pitch gauge) এর সাহায্যে স্ক্রু পিচের বা স্ক্রু-এর প্যাঁচের সংখ্যাও নির্ণয় করা যায়।

চিত্র ৪.১৭ : স্টীল রুল-এর সাহায্যে স্ক্রু-এর প্যাঁচের সংখ্যা (একক পরিমাপে) পরিমাপ প্রক্রিয়া।

বোল্ট ও নাট

সংযোজন কাজের দৃঢ়তার জন্য স্ক্রু-এর তুলনায় বোল্ট ও নাট অধিক শক্তিশালী। কারিগরি কর্মকাণ্ডে ব্যবহৃত অধিকাংশ বোল্ট ও নাটের মাথা ষড়ভুজাকৃতি (hexagonal) হয়ে থাকে। আবার কোন কোনটির মাথা বর্গাকৃতিও

চিত্র ৪.১৮ : দুইরকম বোল্ট ও নাটের নকশা।

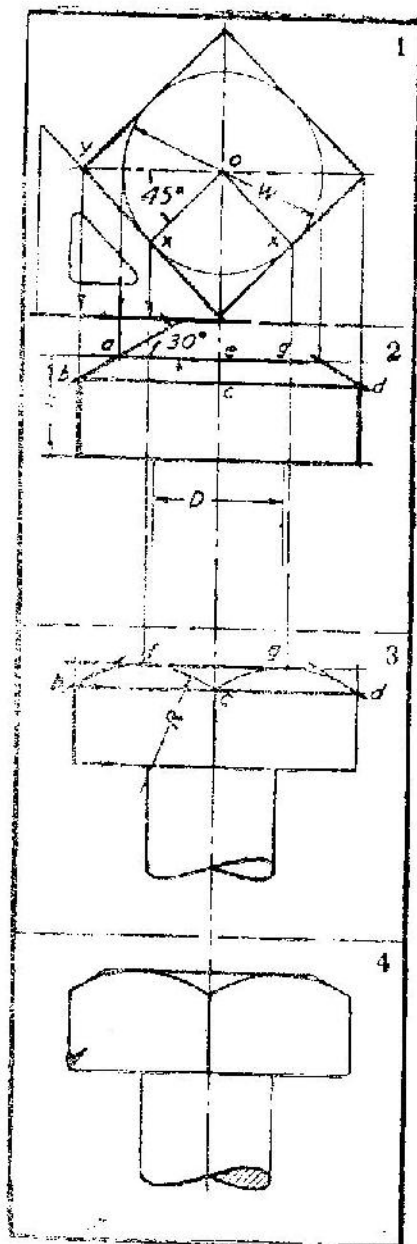
(square) থাকে। ৪.১৮ চিত্রে দুই প্রকার গঠন আকৃতিবিশিষ্ট বোল্টের মাথা এবং দুই প্রকার নাট-এর নকশা দেখানো হয়েছে। এতে বাম পার্শ্বে সাধারণ বোল্ট ও নাট এবং ডান পার্শ্বে ওয়াশার ফেচযুক্ত বোল্ট ও চ্যাম্ফার নাট প্রদর্শন করা হয়েছে। বোল্ট ও নাট-এর নকশা অঙ্কনে সর্বদা কেন্দ্ররেখা, চ্যাম্ফার (Chamfer) কোণ-এর মাত্রা ৩০°, বোল্ট-এর প্রান্তদেশের কোণ ৪৫° এবং ওয়াশার ফেচ-এর পরিমাপ $\frac{1}{64}''$ (০.৩৯৭ মিলিমিটার) বিবেচনা করা হয়।

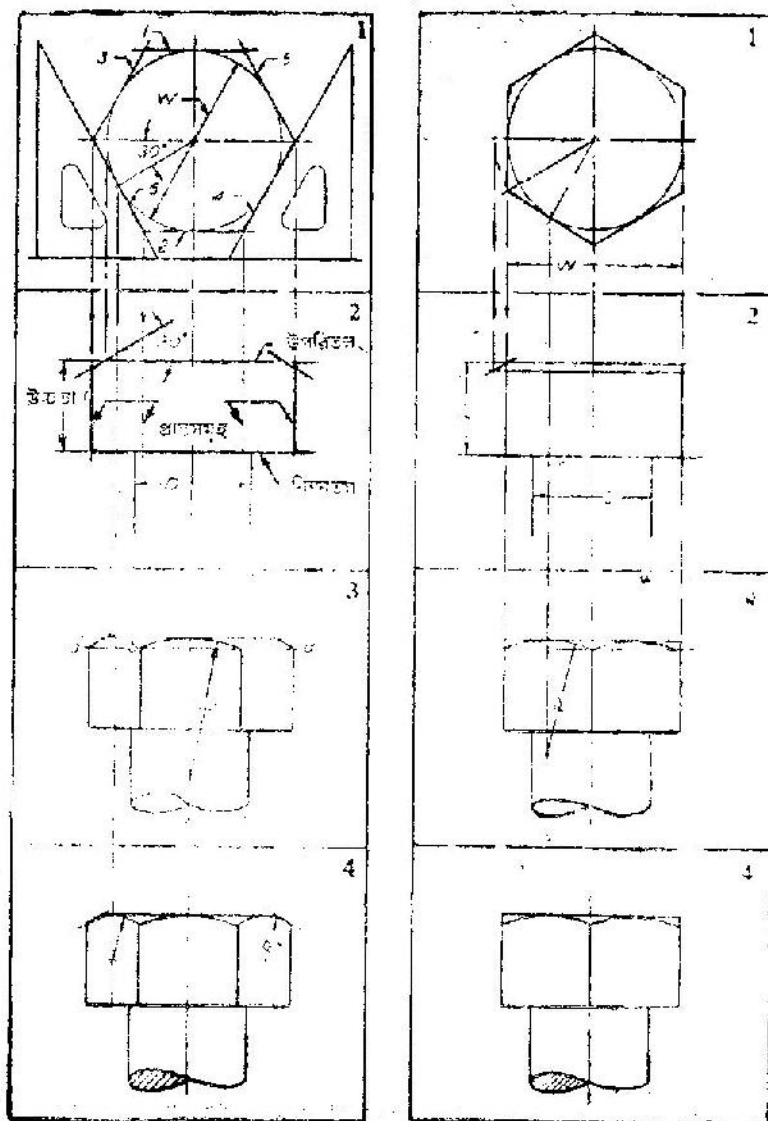
বর্গাকৃতি বোল্টের মাথা

(Square Bolt head)

কর্ণের আড়াআড়িতে বর্গাকৃতি বোল্টের মাথা অঙ্কন করতে হলে, প্রথমে কেন্দ্রবিন্দু O এঁকে উহা বরাবর একটি খাড়া কেন্দ্ররেখা (Vertical centre line) এবং একটি আনুভূমিক কেন্দ্ররেখা (Horizontal centre line) টানা হয়। অতঃপর বোল্টের ব্যাসের ১½ গুণ পরিমাপ নিয়ে বোল্টের মাথার বৃত্ত (W = ১½ D) অঙ্কন করা হয়। এরপর ৪.১৯ চিত্র অনুযায়ী সেটস্কয়ারের ৪৫° কর্ণ দ্বারা আনুভূমিক ও খাড়া রেখার সঙ্গে সমান্তরাল করে ধরে একের পর এক চারটি কর্ণ চিহ্নিত করা হয়। নিম্নের সন্নিহিত কর্ণদ্বয়কে দ্বিখণ্ডিত করলে বোল্টের ব্যাসের পরিমাপ পাওয়া যায়। বোল্টের মাথার চওড়া H একক ধরা হয়, যার উপরের দিকে মাথার চ্যাম্ফার (Chamfer)-এর কোণের মাত্রা থাকে ৩০°। এভাবে উক্ত চিত্রের চারটি ধাপ অনুযায়ী নিম্নের নির্দেশ বোল্টের মাথা অঙ্কন করা হয়।

ষড়ভুজাকৃতি বোল্টের মাথা অঙ্কন

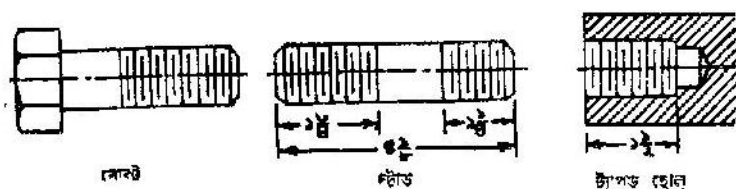
পূর্বে বর্ণিত বর্গাকৃতি বোল্টের মাথা অঙ্কন প্রক্রিয়ার মত একটি কেন্দ্র বিন্দু নিয়ে তাতে একটি আনুভূমিক ও একটি খাড়া বা উল্লম্ব কেন্দ্ররেখা এঁকে বোল্টের পার্শ্বদেশ আঁকতে ৪.২০ চিত্রানুযায়ী সেটস্কয়ারের ৩০° কোণ ব্যবহার করা হয়। অতঃপর

চিত্র ৪.১৯ : কর্ণের আড়াআড়িতে বর্গাকৃতি বোল্টের মাথা অঙ্কন প্রক্রিয়া।

একই নিয়মে ষড়ভুজাকৃতি মাথার পার্শ্বদেশ অঙ্কন করে বোল্টের মাথার উচ্চতা অনুযায়ী পরিমাপ নিয়ে ৩০° কোণ করে চ্যাম্ফার (chamfer)

চিত্র ৪.২৩ : কর্ণসমূহের আড়াআড়িতে ষড়ভুজাকৃতি বোল্টের মাথা অঙ্কন প্রক্রিয়া ।

আঁকা হয়। দুই চ্যামফারের সংযোগ স্থলে একই কোণের রেখা মিলিত হয়।

বোল্টের ব্যাস অপেক্ষা বোল্টের মাথার বৃত্তের ব্যাস পূর্বের নিয়মানুযায়ী ১½ গুণ হয়। বোল্টের মাথার চ্যামফারের উপরে সোজা দাগ এবং বোল্টের নিম্নাংশে কর্তন রেখা (sectional line) টেনে ষড়ভুজাকৃতি বোল্টের মাথা অঙ্কন সমাপন করা হয়।

স্টাড ও নাট (Stud and Nut)

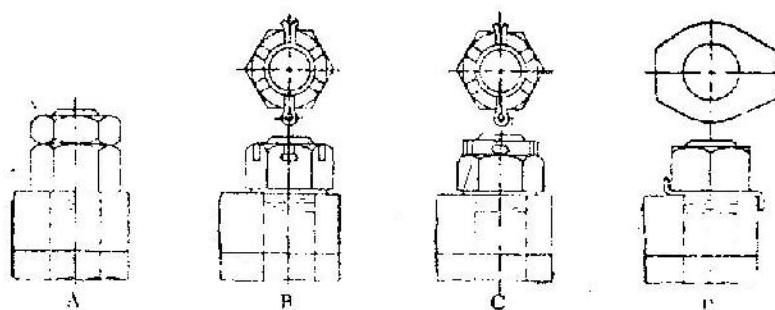
কোন মূল যন্ত্রের কাঠামোর সঙ্গে অপর একটি অংশ শক্তভাবে সংযোজন করতে সাধারণত স্টাড ও নাট ব্যবহৃত হয়। স্টাড দেখতে কিছুটা বোল্টের মত। বোল্টের একদিকে প্যাঁচ ও অপরদিকে মাথা থাকে এবং স্টাড-এর উভয় দিকে প্যাঁচ থাকে। এই প্যাঁচের একাংশ মূলযন্ত্রের কাঠামোর সঙ্গে এঁটে উহার উপরে আরেকটি প্যাঁচবিহীন অংশ স্থাপন করে উপর থেকে স্টাডের সঙ্গে নাট প্যাঁচে

চিত্র ৪.২১ : নাট, স্টাড ও স্টাড সংযোজন প্যাঁচের গর্ত।

প্যাঁচে এঁটে সংযোজন কার্য সম্পন্ন করা হয়। ৪.২১ চিত্রে একটি নাট, স্টাড ও স্টাড সংযোজন প্যাঁচের গর্ত (tapped hole) দেখানো হয়েছে।

সাধারণত সিলিণ্ডার ব্লকের সঙ্গে গ্যাসকেটের সমন্বয়ে সিলিণ্ডার হেডকে বায়ুরোধী (airtight) বা শক্তভাবে সংযোজনের জন্য স্টাড ও নাট ব্যবহৃত হয়।

লক নাট (Lock nut)

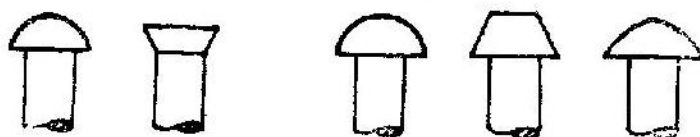
কোন ঘূর্ণায়মান বা চলমান যন্ত্রাংশে বোল্ট অথবা স্টাড এর সঙ্গে নাট সংযোজনের পরে সেই নাট এর উপরে আরেকটি রোধক সংযোজন করা হয়, যাতে মূল নাট ঢিলা হয়ে খুলে না পড়ে; এই ধরনের নাটকে লক নাট বলা হয়।

৪.২২ চিত্রে চার প্রকার লক্ নাট-এর নকশা দেখানো হয়েছে। উক্ত চিত্রের প্রথম নাটকে জাম নাট (Jam nut), দ্বিতীয়টিকে খাঁজবিশিষ্ট (Slotted) নাট,

চিত্র ৪.২২ : চার প্রকার লক্ নাট।

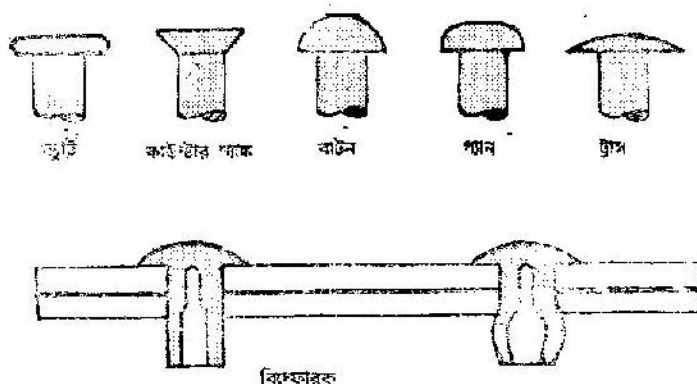
তৃতীয়টিকে ক্যাসল (Castle) নাট এবং চতুর্থটিকে ধারণ পাতবিশিষ্ট (holding plate) নাট বলে। এগুলির মধ্যে খাঁজবিশিষ্ট ও ক্যাসল নাটের উপরে বোল্টের ছিদ্রে কটার পিন (Cotter pin) ব্যবহার করা হয়।

রিভেট (Rivet)

কোন লোহার কাঠামো প্রস্তুত ও দুই বা ততোধিক ধাতুকে স্থায়ীভাবে সংযোজনের জন্য রিভেট ব্যবহার করা হয়; এক্ষেত্রে স্ক্রু, নাট অথবা বোল্ট ব্যবহার করা হয় না। কারিগরি কর্মকাণ্ডের বিভিন্ন ক্ষেত্রে বিভিন্ন আকৃতির রিভেট ব্যবহৃত হয়, যেমন :

(ক) কাঠামো প্রস্তুতকারী (Structural) রিভেট,
(খ) বয়লার রিভেট (Boiler rivet),
(গ) ছোট আকৃতির রিভেট (Small rivet), এবং
(ঘ) বিস্ফোরক রিভেট (Explosive rivet)।

চিত্র ৪.২৩ : কাঠামো প্রস্তুতকারী ও বয়লার রিভেট।

ধাতব কাঠামো যেমন বড় ঘর, ব্রীজ প্রভৃতি প্রস্তুতে কাঠামো প্রস্তুতকারী রিভেট এবং বয়লার ড্রাম ও উহার যন্ত্রপাতি প্রস্তুতে বয়লার রিভেট ব্যবহৃত হয়। ৪.২৩ চিত্রে কাঠামো প্রস্তুতকারী ও বয়লার রিভেট দেখানো হয়েছে। এই ধরনের রিভেটের দৈর্ঘ্য সাধারণ ছোট আকৃতির রিভেট অপেক্ষা বড়। অধিকাংশ রিভেটের একপার্শ্ব হাতুড়ি দ্বারা পিটিয়ে ভোঁতা করা হয়।

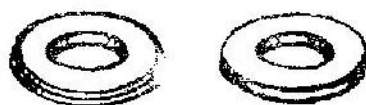
ছোট-বড় পানির আধার, ট্রাঙ্ক, রেলগাড়ির ওয়াগন প্রভৃতি নির্মাণে ছোট আকৃতির রিভেট এবং জাহাজ বা এই ধরনের ভারী ধাতব কাজের জন্য

চিত্র ৪.২৪ : ছোট আকৃতির ও বিস্ফোরক রিভেট।

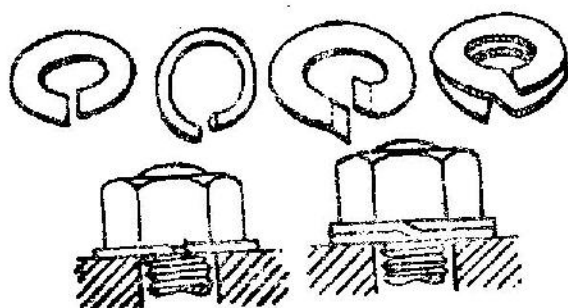
বিস্ফোরক রিভেট ব্যবহৃত হয়। এই রিভেটের এক পার্শ্ব ছাদযুক্ত এবং অপর পার্শ্ব বিস্ফোরণ ঘটিয়ে কিছুটা স্ফীত করা হয়, যেহেতু হাতুড়ি দ্বারা পিটিয়ে তা ভোঁতা করা সম্ভব হয় না। ৪.২৪ চিত্রে ছোট আকৃতির ও বিস্ফোরক রিভেট দেখানো হয়েছে।

ওয়াশার (*Washer*)

নাট ও বোল্টের মাথার নিচে প্যাকিং-এর ব্যবহারের ন্যায় ওয়াশার ব্যবহার করা হয়। ইহার সমন্বয়ে নাট ও বোল্ট অথবা শুধু বোল্টের সংযোজনেও শক্ত ও দৃঢ় হয়। তদুপরি, ইহা অনেক ক্ষেত্রে রোধক হিসেবেও কাজ করে। ইহাকে প্রধানত চার ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন :

(১) **রিং ওয়াশার (Ring Washer) :** ইহা প্রস্তুত করতে সাধারণত মাইল্ড ইস্পাত, পিতল (brass), তামা (copper) প্রভৃতি ধাতু ব্যবহৃত হয়। ইহা দেখতে

গোল চাক্তি বা সমতল আংটির ন্যায়। ৪.২৫ চিত্রে দুই প্রকার রিং ওয়াশার দেখানো হয়েছে, যা ব্ল্যাক (black) ও ব্রাইট (bright) রিং ওয়াশার নামে পরিচিত। প্রস্তুত করার পর ইহাকে 'গ্যালভানাইজ' করা (প্রলেপ দেয়া) হয়।

চিত্র ৪.২৫ : ব্ল্যাক ও ব্রাইট রিং ওয়াশার।

(২) **স্প্রিং ওয়াশার** (Spring Washer) : স্প্রিং ইস্পাত (spring steel) ধাতু দ্বারা এই ধরনের ওয়াশার প্রস্তুত করা হয়। ইহা সংযোগে স্থিতিস্থাপকতা (elastic) গুণে কাজ করে। নাটকে বিপরীত দিকে ঘোরার পথে বাধা দেয় বলে ইহাকে

চিত্র ৪.২৬ : চার প্রকার স্প্রিং ওয়াশার এবং গ্রিপ ও ডবল ওয়াশারের সংযোগ-অবস্থা

লক্ ওয়াশারও বলে। ৪.২৬ চিত্রে চার প্রকার স্প্রিং ওয়াশার এবং দুই প্রকার সংযোগ অবস্থা দেখানো হয়েছে, যথা : (ক) সিঙ্গেল (single), (খ) স্ট্যান্ডার্ড (standard), (গ) গ্রিপ (grip) এবং (ঘ) ডবল (Double) স্প্রিং ওয়াশার। এই ধরনের ওয়াশার প্রস্তুতের পর তা দৃঢ় হওয়ার জন্য টেম্পার দেওয়া হয়।

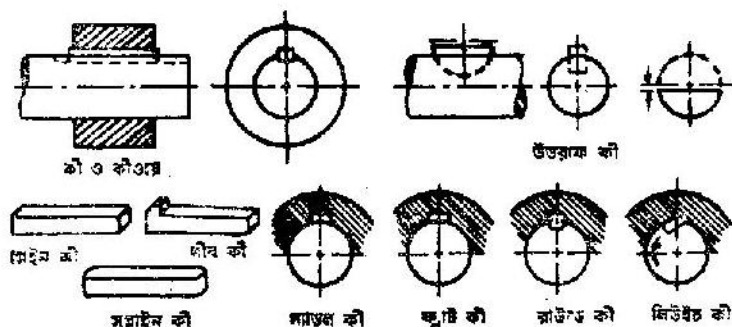
(৩) **লিম্পেট** (Limpet) **এবং** (৪) **ডায়মন্ড** (Diamand) **ওয়াশার :** সাধারণত ঘরবাড়ি প্রস্তুত ও সাধারণ সংযোজন ক্ষেত্রে এই ধরনের ওয়াশারের ব্যবহার সর্বাধিক। ঢেউটিনের ঘরের চালায় পানি যাতে বোল্টের ছিদ্র বেয়ে নিচে গড়াতে না পারে, সেজন্য এই স্থলে এই ধরনের ওয়াশার পানিরোধক হিসেবে

ব্যবহৃত হয়। ৪.২৭ চিত্রে লিস্পেট ও ডায়মণ্ড ওয়াশার অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.২৭ : লিস্পেট ও ডায়মণ্ড ওয়াশার।

এই ধরনের ওয়াশারসমূহও প্রস্তুতের পর জিঙ্ক (দস্তা) গ্যালভানাইজ করা হয় বা জিঙ্ক-এর প্রলেপ দেওয়া হয়ে থাকে।

কী (Key)

'কী'-এর বাংলা অর্থ চাবি। কোন শ্যাফট-এর উপরিভাগে পুলি (Pulley), গিয়ার (Gear), চাকা প্রভৃতিকে শক্তভাবে সংযুক্ত করার জন্য কী ব্যবহার করা হয়। উহা সংযুক্ত করতে শ্যাফটের কেন্দ্রের সমান্তরালভাবে তৈরী একটি নালী

চিত্র ৪.২৮ : 'কী'-এর সাহায্যে শ্যাফটের সঙ্গে পুলি সংযোগাবস্থা।

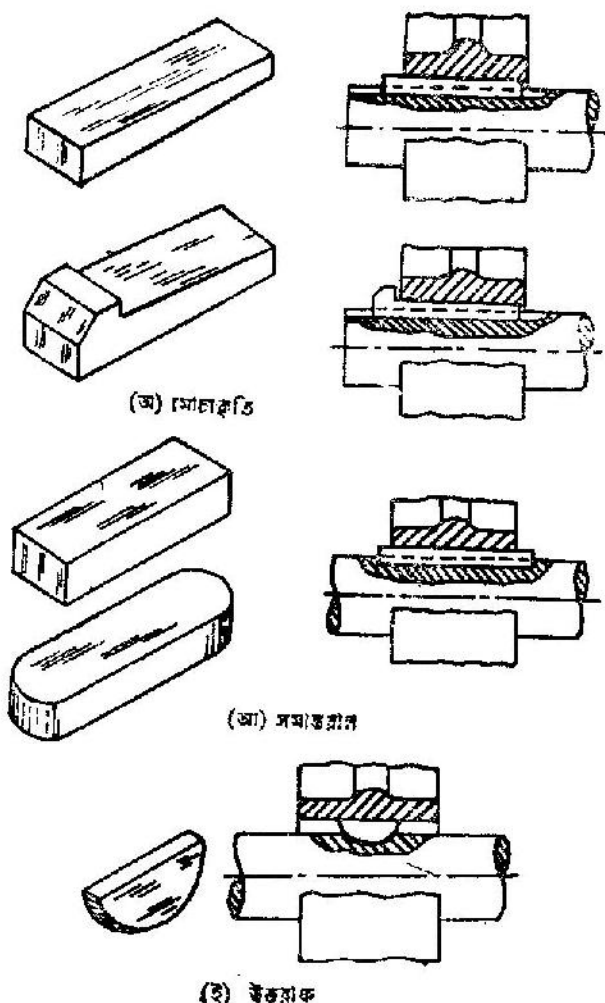
বা 'কী-ওয়ে' (Key way) প্রস্তুত করা হয়। ইহা সংযোগে শ্যাফট থেকে কোন পুলি ফসকে যেতে পারে না। পেটা লোহা ও নরম লোহা ব্যবহার করে কী প্রস্তুত করা হয়। ইহার অর্ধাংশ শ্যাফটের মধ্যে এবং অবশিষ্ট অর্ধাংশ পুলি গিয়ার প্রভৃতির মধ্যে সংযুক্ত থাকে। ৪.২৮ চিত্রে 'কী'-এর সাহায্যে শ্যাফটের সঙ্গে পুলি-এর সংযুক্ত অবস্থা দেখানো হয়েছে।

'কী' সাধারণত তিন প্রকার, যথা :

(১) সাঙ্ক কী (Sunk Key),

(২) স্যাডল কী (Saddle Key), ও

(৩) রাউন্ড কী (Round Key)।

(অ) মোচাকৃতি

(আ) সমান্তরাল

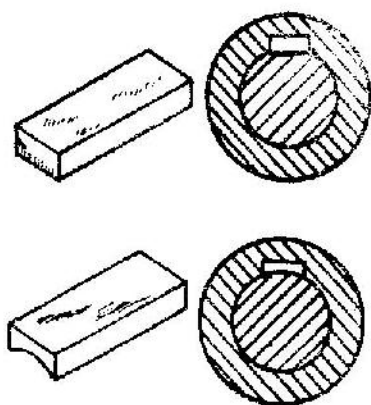
(ই) উডরাফ

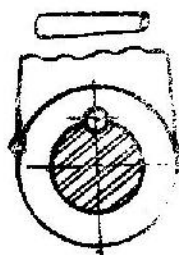
চিত্র ৪.২৯ : বিভিন্ন প্রকার সাঙ্ক কী এবং উহাদের সংযোগ-অবস্থা।

সাঙ্ক কী আবার তিন প্রকার, যেমন : (অ) মোচাকৃতি বা ট্যাপার (taper) কী, (আ) সমান্তরাল (Parallel) কী, এবং (ই) উডরাফ (Woodruff) কী। ৪.২৯ চিত্রে এই তিন প্রকার 'সাঙ্ক কী' এবং উহাদের সংযোগ-অবস্থা দেখানো হয়েছে। এই ধরনের কী-সমূহের ব্যবহার সমধিক।

(২) স্যাডল কী (Saddle Key)—ইহাও দুই প্রকার, যেমন :

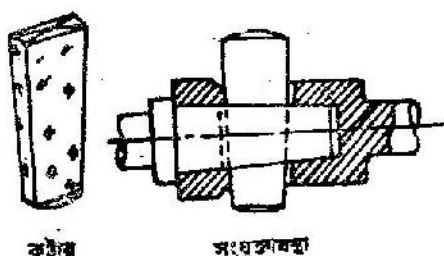
(অ) সমতল স্যাডল কী (Flat Saddle Key), এবং

(আ) ছিদ্রবিশিষ্ট স্যাডল কী (Hollow Saddle Key)।

চিত্র ৪.৩০ : স্যাডল কী ও উহাদের সংযোগ-অবস্থা।

এই ধরনের কী ঘর্ষণজনিত বাধার ক্ষেত্রে ব্যবহার করা হয়, কিন্তু ভারী যন্ত্রাংশের ক্ষেত্রে ব্যবহার করা যায় না। ৪.৩০ চিত্রে স্যাডল কী ও উহাদের সংযোগ-অবস্থা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.৩১ : রাউন্ড বা গোলাকৃতি কী এবং উহার সংযোগ-অবস্থা।

(গ) রাউণ্ড বা গোলাকৃতি কী (Round Key) : এই ধরনের কী দেখতে গোলাকার, মোচাকৃতি ও পিনের ন্যায়; সেজন্য এই ধরনের কী-কে পিন কীও (Pin Key) বলা হয়। ইহার অর্ধাংশ শ্যাফটের কী চ্যানেলের মধ্যে এবং অপর অর্ধাংশ পুলি বা গিয়ারের চ্যানেলের মধ্যে সংযুক্ত অবস্থায় থাকে, যা ৪.৩১ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

কটার (Cotter)

ইহা এমন এক প্রকার খিলবিশেষ, যা কোন অঘূর্ণমান শ্যাফটের ছিদ্রের মধ্যে প্রবেশ করিয়ে চাপ বা টান সহ্য করার কাজে ব্যবহার করা হয়। কোন বস্তুর

চিত্র ৪.৩২ : কাঠামোর সঙ্গে একটি শ্যাফট সংযোগ উপলক্ষে খিল হিসেবে কটারের ব্যবহার।

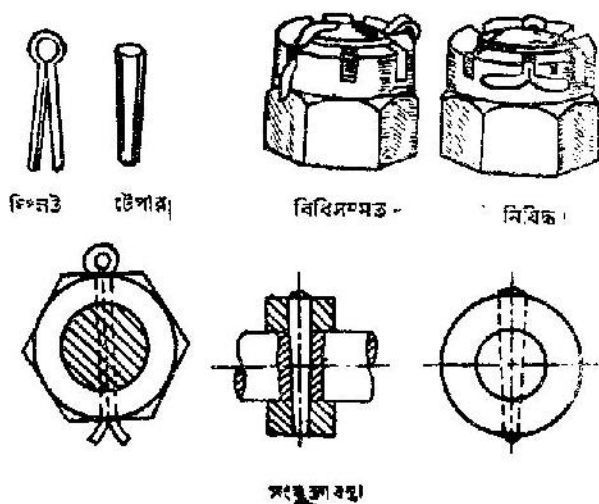
কাঠামোর সঙ্গে কোন শ্যাফটকে শক্তভাবে সংযোজন করার জন্যই এই কটার ব্যবহৃত হয়। ৪.৩২ চিত্রে কাঠামোর সঙ্গে একটি শ্যাফট সংযোগ উপলক্ষে খিল হিসাবে কটারের ব্যবহার দেখানো হয়েছে।

কটার প্রস্তুতে সাধারণত নরম ইস্পাত ব্যবহার করা হয়। দুটি অঘূর্ণায়মান ও টান বা চাপযুক্ত শ্যাফটকে জোড়া দিতেও কটার ব্যবহার করা হয়। কটার সাধারণত চৌকো ও মোচাকৃতি হয় এবং উহা খাড়াভাবে সংযোগ করা হয় যাতে ঢিলা হয়ে পড়ে না যায়।

স্প্লিট ও টেপার পিন (Split and Taper pin)

স্প্লিট পিনকে অন্য কথায় কটার পিন বলা হয়, যার এক মাথা দ্বিধাবিভক্ত এবং অপর মাথা গোলাকার। ক্যাসল নাট (Castle nut), খাঁজবিশিষ্ট নাট (slotted nut) প্রভৃতি যাতে বিপরীত দিকে ঘুরে ঢিলা হয়ে না যায়, সেজন্য

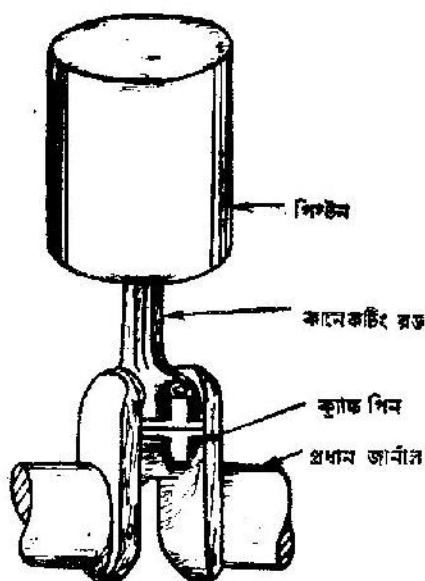
নাটকে বোল্টের সঙ্গে যুক্ত করে রাখতে বোল্টের প্রান্তের ছিদ্রদেশে সপ্লিট পিনকে প্রবেশ করিয়ে বাঁকা করে রাখা হয়। ইহা সাধারণত ১.৫ মিঃ মিঃ থেকে ৬ মিঃ মিঃ পর্যন্ত ব্যাস বিশিষ্ট এবং ২৫ মিঃ মিঃ থেকে ৭৫ মিঃ মিঃ পর্যন্ত দীর্ঘ হয়।

টেপার পিন বলতে মোচাকৃতি পিনকে বুঝায়, যা ক্রমশ সরু হয় এবং ইহা স্প্লিট পিনের পরিবর্তে একই উদ্দেশ্যে ব্যবহৃত হয়। ইহা অনেকটা কটার পিনের

চিত্র ৪.৩৩ : স্প্লিট ও টেপার পিনের আকৃতি ও ব্যবহার।

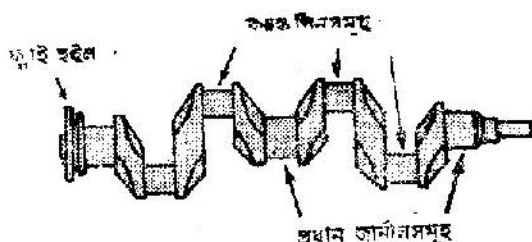
মত কাজ করে। পার্থক্য হ'লো কটার পিনের ব্যাস ও দৈর্ঘ্য, টেপার পিনের চেয়ে বেশি। ৪.৩৩ চিত্রে স্প্লিট ও টেপার পিনের আকৃতি ও ব্যবহার দেখানো হয়েছে। সংযুক্তির পর স্প্লিট পিনের প্রান্তদ্বয়কে বিপরীত দিকে বাঁকিয়ে দেয়া হয় এবং টেপার পিনকে সর্বদা সংযোজন ছিদ্রের উপরের দিক থেকে হাতুড়ি দ্বারা আস্তে পিটিয়ে সংযুক্ত করা হয়।

শ্যাফটিং (Shafting)

'শ্যাফটিং' এক প্রকার সংযোজক। সুতরাং যে নকশার মাধ্যমে শ্যাফটিং সংযোজক দেখানো হয়, উহাকে শ্যাফটিং নকশা বলে। এই নকশা দ্বারা ট্রান্সমিশন (transmission) অথবা লাইন শ্যাফটসমূহের পুলি গিয়ার, বিয়ারিং, কী-ওয়ে

(Key way) প্রভৃতির স্থান নির্দেশিত বা চিহ্নিত হয়। ৪.৩৪ চিত্রে একটি জার্নালের বিভিন্ন সংযোগের 'শ্যাফটিং নকশা' দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪·৩৪ : একটি জার্নালের বিভিন্ন সংযোজনের শ্যাফটিং নকশা।

এই শ্যাফটিং নকশায় সংযোজকসমূহের সূক্ষ্ম ব্যাস অবশ্যই উল্লেখ করার প্রয়োজন হয়। তৎসঙ্গে নির্দেশিত স্থানের অন্যান্য পরিমাপ উল্লেখ করাও যুক্তিযুক্ত। এই ধরনের শ্যাফটিং প্রস্তুত করতে উত্তপ্ত পেটানো অথবা ঠাণ্ডা পেটানো ইস্পাত ব্যবহার করা হয়। বিভিন্ন যন্ত্রের শ্যাফটিং-এর মধ্যে ইঞ্জিনের ক্র্যাঙ্কশ্যাফট, ক্যামশ্যাফট প্রভৃতি একই উপায়ে প্রস্তুত করা হয়। ক্র্যাঙ্কশ্যাফট-এর ক্র্যাঙ্ক জার্নালের সঙ্গে কানেকটিং রডের বড় প্রান্তের বিয়ারিং এবং প্রধান জার্নালের সঙ্গে প্রধান জার্নাল বিয়ারিং সংযুক্ত থাকে। সুতরাং ক্র্যাঙ্ক জার্নাল ও প্রধান জার্নাল হ'লো ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের শ্যাফটিং। শ্যাফটিং প্রস্তুতের পর উহার সংযোজক অংশসমূহের প্রকৃত ব্যাস নির্ধারণ সাপেক্ষে সুচারুরূপে মসৃণ করা হয়। উক্ত যন্ত্রাংশ কুঁদাতে বা মসৃণ করতে লেদ যন্ত্রে বেঁধে কাজ করা হয়। ৪.৩৫ চিত্রে একটি ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের শ্যাফটিং নকশা এবং উহাতে বিভিন্ন সংযোজকের স্থানসমূহ চিহ্নিত করা হয়েছে।

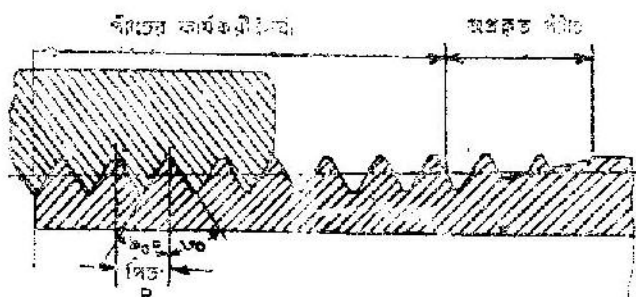
শ্যাফটিং-এর সংযোজকসমূহের পরিমাপ নির্দিষ্ট থাকে, যাকে সূক্ষ্ম পরিমাপ বলা হয়েছে। তাই উহা প্রস্তুত এবং নক্সণ করতে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন

চিত্র ৪.৩৫ : একটি ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের শ্যাফটিং নকশা এবং সংযোজকসমূহের স্থান চিহ্নিতকরণ।

করা হয়। সূক্ষ্মতার নিদর্শন হিসেবে উহার সংযোজকসমূহে লিমিট বা নির্দিষ্ট সূক্ষ্ম পরিমাপ উল্লেখ করা হয়, যা কমবেশি হলে সংযোজকসমূহ সংযোজনে বিঘ্ন সৃষ্টি হতে পারে।

পাইপ ও পাইপিং নকশা (Pipe and Piping Drawing)

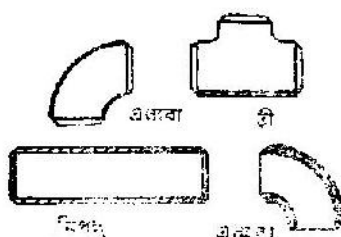
সাধারণত কোন তরল, আধাতরল, গ্যাসীয় প্রভৃতি ধরনের পদার্থ সুচারুভাবে প্রবাহিত করার জন্য পাইপ ব্যবহৃত হয়। পাইপের আকৃতি অধিকাংশ ক্ষেত্রেই গোলাকার। ইহা প্রস্তুত করতে বিভিন্ন প্রকার ধাতু ব্যবহৃত হয়, যেমন : সীসা (Lead), পিতল (brass), পেটা-লোহা (wrought iron), ইস্পাত (steel), ঢালাই-লোহা (cast iron), কাঠ, কংক্রিট (concrete), প্লাস্টিক (plastic) প্রভৃতি।

পানি, বাষ্প, গ্যাস প্রভৃতি প্রবাহের জন্য সচরাচর বিশেষভাবে তৈরী ইস্পাত অথবা লৌহনির্মিত পাইপ ব্যবহৃত হয়। সাধারণ পাইপ প্রস্তুতে বিশেষ সতর্কতা পালন না করলেও চলে, কিন্তু পাইপের মধ্যে প্রবাহিত পদার্থের চাপ প্রতি বর্গইঞ্চিতে ১২৫ পাউণ্ড (৫৬.২৫ কেজি) উর্ধ্বে হলেই ইহা প্রস্তুতে বিশেষ সতর্কতা গ্রহণের পদক্ষেপ নেয়া হয়। এই ধরনের পাইপকে অতিরিক্ত শক্তিধর (extraheavy) পাইপ (X) বলা হয়, যার পুরুত্ব সাধারণ পাইপের চেয়ে বেশি হয়। আবার এই পাইপকে আরও শক্তিশালী করতে পাইপের বাইরের ব্যাস ঠিক রেখে উহার পুরুত্ব বাড়ানো হয়। ফলে, উহার অন্তর্দেশের ব্যাস কমে যায়। এই ধরনের পাইপকে দ্বিগুণ অতিরিক্ত শক্তিধর (Double extraheavy) পাইপ বলে।

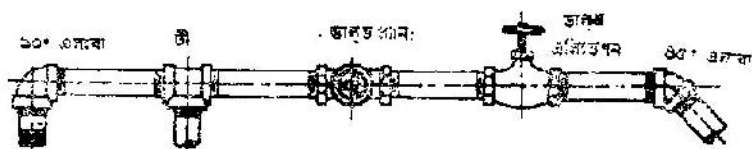
পাইপ প্রস্তুত, প্যাঁচ কাটা, সংযোজন প্রভৃতি কাজের জন্য যে সমস্ত নকশা ব্যবহার করা হয়, উহাদিগকে পাইপিং নকশা বলে। ৪.৩৬ চিত্রে পাইপিং

চিত্র ৪.৩৬ : পাইপের সংযোগ উপলক্ষে অন্তর্দেশীয় ও বহির্দেশীয় প্যাঁচের নমুনা।

নকশায় পাইপের সংযোগ উপলক্ষে অন্তর্দেশীয় ও বহির্দেশীয় প্যাঁচের নমুনা দেখানো হয়েছে। পাইপের প্যাঁচের কোণের পরিমাণ সাধারণত ৬০° পরিলক্ষিত হয়

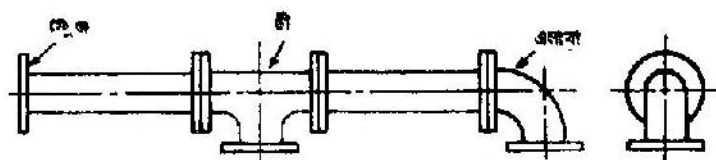
পাইপ সংযোগ (Pipe fitting)

বিভিন্ন পাইপ লাইনের সঙ্গে ৪.৩৬ চিত্রানুযায়ী এলবো (Elbow), টী (Tee), নিপল (Nipple), ভালভ (Valve) প্রভৃতি সংযোগ করার জন্য বিভিন্ন প্রকার পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়, যেমন :

চিত্র ৪.৩৭ : পাইপ সংযোগের এলবো, টী, নিপল্ এবং ভাল্‌ভ।

(১) প্যাঁচের সমন্বয়ে সংযোগ (Screwed pipe fitting),
(২) ফ্লেঞ্জ-এর সমন্বয়ে সংযোগ (Flanged fittings), এবং
(৩) ধাতু সংযোগের সমন্বয়ে সংযোগ (Welded pipe fitting)

(১) **প্যাঁচের সমন্বয়ে সংযোগ ঃ** পাইপ লাইনের অধিকাংশ খুচরাংশের প্রত্যেকটিতেই অন্তর্দেশীয় অথবা বহির্দেশীয় প্যাঁচ থাকে। কিন্তু দীর্ঘ পাইপের প্রান্তদেশে নির্দিষ্ট পরিমাপের প্যাঁচ কেটে উহার সঙ্গে সাধারণত এলবো, ভাল্ভ, টী, নিপল

চিত্র ৪.৩৮ : প্যাঁচের সমন্বয়ে পাইপ সংযোগ নকশা।

প্রভৃতি খুচরাংশ সংযুক্ত করতে হয়। সংযোগের সময় স্থানের পরিমাপ অনুসারে পাইপের কিয়দংশ কেটে ফেলা হয়। ৪.৩৮ চিত্রে প্যাঁচের সমন্বয়ে পাইপ সংযোগ নকশা দেখানো হয়েছে। সাধারণ পানির লাইনে এই ধরনের সংযোগ ব্যবহৃত হয় এবং এই প্যাঁচ কাটিতে ট্যাপ ও ডাই (Tap & Dies) ব্যবহার করা হয়।

(২) **ফ্ল্যাঞ্জ-এর সমন্বয়ে সংযোগ ঃ** মোটা আকৃতির পানি, গ্যাস, বাষ্প প্রভৃতির পাইপ লাইনে প্যাঁচের সমন্বয়ে সংযোগের পরিবর্তে ফ্ল্যাঞ্জ-এর সমন্বয়ে সংযোগ

চিত্র ৪.৩৯ : ফ্ল্যাঞ্জ-এর সমন্বয়ে পাইপ সংযোগ নকশা।

প্রক্রিয়া ব্যবহৃত হয়। ফ্ল্যাঞ্জ-এর চতুর্দিকে নির্দিষ্ট সংখ্যক ছিদ্র থাকে, যাতে নাট ও বোল্ট এবং গ্যাসকেট-এর সমন্বয়ে সংযোগ করা হয়। ৪.৩৯ চিত্রে ফ্ল্যাঞ্জ-এর সমন্বয়ে পাইপের সংযোগ নকশা দেখানো হয়েছে।

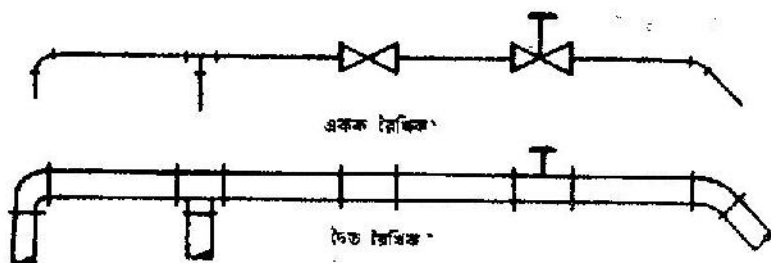
(৩) **ধাতু সংযোগের সমন্বয়ে সংযোগ ঃ** পাইপ লাইনে স্থায়ী বা বায়ুরোধী সংযোগের উদ্দেশ্যে উহাতে ধাতু সংযোগ পদ্ধতি ব্যবহার করা হয়। সাধারণত গ্যাস সরবরাহ লাইনে এই ধরনের সংযোগ ব্যবহার করা হয়। ৪.৪০ চিত্রে ধাতু সংযোগের সমন্বয়ে পাইপের সংযোগ নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৪.৪০ : ধাতু সংযোগের সমন্বয়ে পাইপের সংযোগ নকশা।

পাইপের রৈখিক নকশা (Line diagram of pipe)

পাইপের আকৃতি, সংযোজন খুচরাংশ প্রভৃতির পাইপিং নকশা সাধারণভাবে বুঝানোর জন্য যে নকশা অঙ্কন করা হয়, উহাকে পাইপের রৈখিক নকশা বলে। এই নকশা দুই প্রকার, যথা :

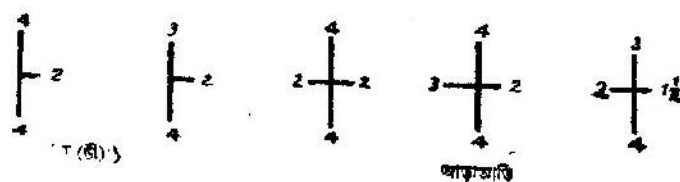
(ক) একক রৈখিক নকশা (Single line diagram),
(খ) দ্বৈত রৈখিক নকশা (Double line diagram)।

একটি রেখার মাধ্যমে অঙ্কিত পাইপিং নকশাকে একক রৈখিক নকশা এবং দ্বৈত রেখার মাধ্যমে অঙ্কিত পাইপিং নকশাকে দ্বৈত রৈখিক নকশা বলে, যা ৪.৪১

চিত্র ৪.৪১ : পাইপের একক ও দ্বৈত রৈখিক নকশা।

চিত্রে দেখানো হয়েছে। কারিগরি কর্মকাণ্ডে একক রৈখিক নকশা প্রতীক ধরনের নকশা এবং দ্বৈত রৈখিক নকশা প্রকৃত তথ্যগত নকশা হিসেবে পরিগণিত হয়।

পাইপ সংযোগের আকৃতি নকশা

পাইপ লাইনের বিভিন্ন অংশে এলবো, টী, আড়াআড়ি প্রভৃতি আকৃতির সংযোগ দেখানোর জন্য যে একক রৈখিক পাইপিং নকশা অঙ্কন করা হয়, উহাকে পাইপ সংযোগের আকৃতি নকশা বলে। ৪.৪২ চিত্রে পাইপ সংযোগের আকৃতি

নকশা দেখানো হয়েছে। সাধারণ পাইপিং সংযোগ দেখাতে এই নকশা ব্যবহার করা হয়। এই নকশায় বিভিন্ন ব্যাসবিশিষ্ট পাইপের ব্যাসও সংক্ষেপে উল্লেখ করা থাকে।

চিত্র ৪.৪২ : পাইপ সংযোগের আকৃতি নকশা।

পাইপের মূল্য ও ব্যবহার

সাধারণত পাইপের ব্যবহারক্ষেত্রের গুরুত্ব বিবেচনা করে পাইপের প্রকৃতি ও মূল্য বিবেচনা করা হয়। যেমন পানি, বাষ্প ও গ্যাস সরবরাহের পাইপসমূহ সর্বদাই ঢালাই লোহা, পেটা লোহা বা ইস্পাত নির্মিত হয়; ফলে এগুলির দামও সেই তুলনায় বেশি। অপরদিকে, সৌখিন দ্রব্যাদি সংযোগের কাজে পিতল, রৌপ্য প্রভৃতি ধাতু নির্মিত পাইপ ব্যবহৃত হয়, এবং উহার মূল্যও সেই হারে অধিক। তবে বৈদ্যুতিক সার্কিট, বাড়ির ওয়্যারিং ও হাল্কা পানির লাইনে আজকাল প্লাস্টিক পাইপ ব্যবহৃত হচ্ছে। উহার মূল্য সবচেয়ে কম।

সুতরাং পাইপের ব্যাস, গঠন, ধাতু, পুরুত্ব প্রভৃতি দিক বিবেচনা করে পাইপের মূল্য নির্ধারিত হয়।

প্রশ্নমালা

১। (ক) সংযোজক (Fasteners) বলতে কি বুঝ?
   (খ) ইহা কত প্রকার ও কি কি?
   (গ) স্ক্রু সমূহের একটি করে নমুনা নকশা অঙ্কন কর।

২। (ক) স্ক্রু-এর প্যাঁচের (screw thread) আকৃতি কেমন?
   (খ) উক্ত প্যাঁচের শ্রেণীবিভাগ নকশাসহ দেখাও।
   (গ) ডানহাতি ও বামহাতি প্যাঁচের ব্যবহার বর্ণনা কর।

৩। (ক) একক ও দ্বৈত প্যাঁচ বলতে কি বুঝ ?
(খ) কারিগরি কর্মকাণ্ডে উক্ত প্যাঁচদ্বয়ের কোনটি বেশি ব্যবহৃত হয় ?
(গ) সুক্ষ্ম ও মোটা প্যাঁচের পার্থক্য কি তা চিত্রসহ দেখাও।

৪। (ক) স্ক্রু-এর প্যাঁচের আধুনিকতা বিবেচনা করে উহাকে সাধারণত কত ভাগে ভাগ করা হয় ?
(খ) উক্ত ভাগসমূহের নাম লিখ এবং চিত্রসহ নির্দিষ্ট পরিমাপ উল্লেখ কর।

৫। (ক) প্যাঁচের প্রচলন বিবেচনা করে উহাকে সাধারণত কত ভাগে শ্রেণীভুক্ত করা হয় ?
(খ) উক্ত প্যাঁচসমূহের চিত্রসহ নাম উল্লেখ কর।
(গ) উহাদের ব্যবহারক্ষেত্রও সংক্ষেপে লিখ।

৬। (ক) স্ক্রু-এর প্যাঁচের আন্তর্জাতিক মান (International standard) বলতে কি বুঝ ?
(খ) একটি বোল্ট (Bolt) এঁকে উহার বিভিন্ন অংশের নাম ও পরিমাপ উল্লেখ কর।

৭। (ক) স্ক্রু-এর একক পরিমাপে প্যাঁচ (Thread per unit measurement) -এর সংখ্যা কিভাবে নিরূপণ করা যায় লিখ।
(খ) চিত্রের সাহায্যে উক্ত পরিমাপ প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।
(গ) স্ক্রু ও বোল্ট-এর প্যাঁচের পার্থক্য আছে কি ?

৮। (ক) একটি বোল্ট ও নাট-এর চিত্র অঙ্কন কর।
(খ) কর্ণের আড়াআড়িতে (Across corners) একটি বর্গাকৃতি বোল্টের মাথা অঙ্কন প্রক্রিয়া দেখাও।

৯। (ক) সমতলসমূহের আড়াআড়িতে একটি ষড়ভুজাকৃতি বোল্টের নাট অঙ্কন করে দেখাও।
(খ) বোল্ট ও নাট এবং স্টাড ও নাট-এর মধ্যে পার্থক্য চিত্রসহ বর্ণনা কর।

১০। টীকা লিখ :
(ক) লক্ নাট (Lock nut),
(খ) রিভেট (Rivet),
(গ) কী (Key),
(ঘ) কটার (Cotter),
(ঙ) স্প্লিট ও টেপার পিন (Split and Taper pin)।

১১। (ক) শ্যাফটিং (Shafting) বলতে কি বুঝ?
(খ) উহার ব্যবহারক্ষেত্র বর্ণনা কর।
(গ) একটি শ্যাফটিং নকশা অঙ্কন করে উহাতে সংযোজকসমূহের স্থান নির্দেশ কর।

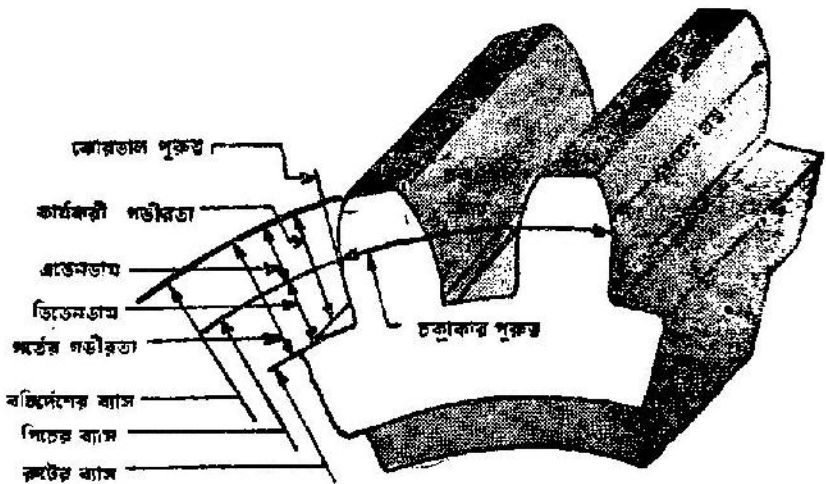
১২। (ক) পাইপের কার্যাবলী বর্ণনা কর।
(খ) পাইপের সংযোগ প্যাঁচের চিত্র এঁকে দেখাও।
(গ) পাইপ সংযোগ প্রক্রিয়া কি কি? যে-কোন এক প্রকারের চিত্র অঙ্কন করে দেখাও।
(ঘ) পাইপের রৈখিক নকশা বলতে কি বুঝ?

১৩। (ক) ওয়াশার (washer) বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা কি কাজে ব্যবহার করা হয়?
(গ) ইহা কত প্রকার ও কি কি?
(ঘ) চিত্রসহ প্রত্যেক প্রকার ওয়াশার-এর কার্যাবলী লিখ।

পঞ্চম অধ্যায়

গিয়ার, বর্তনী ও কার্যকরী নকশা

গিয়ারের মূলনীতি

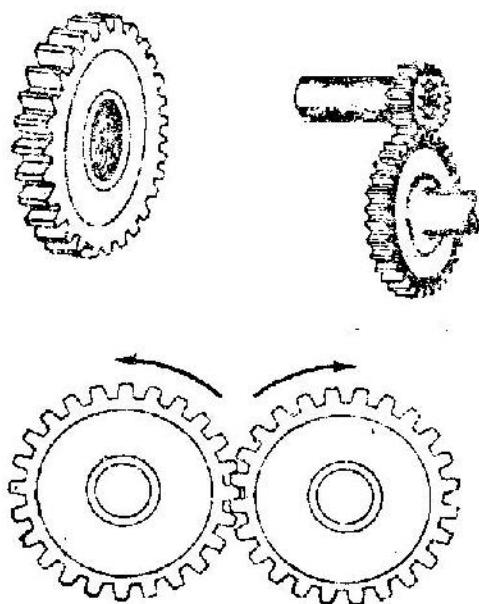
যে কোন যন্ত্রাদির যে-কোনটিতে একটি শ্যাফট থেকে অপর শ্যাফটে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহের জন্য সাধারণত যে মাধ্যম বা যন্ত্রাংশ ব্যবহার করা হয়, উহাকেই গিয়ার বলে। যে গিয়ার উহার শ্যাফট কর্তৃক ঘূর্ণনগতি প্রাপ্ত হয়, উহাকে চালক বা ড্রাইভ গিয়ার (drive gear) এবং যে গিয়ার অপর একটি গিয়ার দ্বারা ঘূর্ণন-গতি প্রাপ্ত হয় উহাকে চালিত বা আইড্ল গিয়ার (driven or idle gear) বলা

চিত্র ৫.১ : গিয়ারের গঠন।

হয়। গিয়ারের ছিদ্রগুলিকে গিয়ারের দাঁত (gear teeth), একটি দাঁত থেকে অপর দাঁতের মধ্যকার গর্তকে খাঁজ, গিয়ারের কেন্দ্রবিন্দু থেকে দাঁতের বাইরের পরিমাপ পর্যন্ত ব্যাসকে বহির্দেশের ব্যাস (outside dia.), কেন্দ্রবিন্দু থেকে খাঁজ পর্যন্ত ব্যাসকে রুট ব্যাস (root dia.), খাঁজ থেকে দাঁতের উপরিভাগ পর্যন্ত উচ্চতাকে দাঁতের পূর্ণ গভীরতা (whole depth), গিয়ারের খাঁজে অপর গিয়া-রের দাঁত যে পর্যন্ত প্রবেশ করে উক্ত উচ্চতাকে কার্যকরী গভীরতা (working

depth) বলা হয়। গিয়ার প্রস্তুত করতে সাধারণত ঢালাই লোহা ব্যবহার করা হয়। ৫.১ চিত্রে একটি সাধারণ গিয়ারের গঠন দেখানো হয়েছে।

প্রকারভেদ ও ব্যবহার

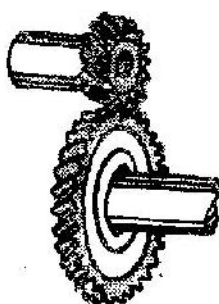
ব্যবহারের কঠিনতা, প্রকৃতি ও গুরুত্বভেদে গিয়ারের গঠন নির্ভরশীল। গিয়ারের দাঁতের গঠন ও ব্যবহারের স্থানভেদে সাধারণত উহাকে ছয় ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন:

১। স্পার গিয়ার (Spur gear),
২। স্পাইরাল বা কৌণিক খাঁজবিশিষ্ট গিয়ার (Helical gear)
৩। দ্বৈত স্পাইরাল বা হেরিংবোন গিয়ার (Double spiral or herring bone gear)
৪। সাধারণ বা প্লানেটারী গিয়ার (Plain or planetary gear)
৫। বেভেল গিয়ার (Bevel gear), এবং
৬। ওয়ার্ম বা হাইপয়েড গিয়ার (Worm or hypoid gear)।

চিত্র ৫.২ : স্পার গিয়ার।

এই সকল গিয়ার বিভিন্ন প্রকার যন্ত্র বা ইঞ্জিনে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ এবং স্থানান্তর কাজের জন্য ব্যবহৃত হয়। নিম্নে উপরিউক্ত গিয়ারসমূহ সম্বন্ধে বিস্তারিতভাবে বর্ণনা করা হয়েছে।

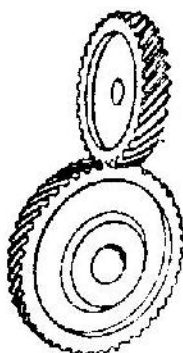
১। **স্পার গিয়ার:** এই গিয়ারের দাঁতগুলির ব্যবস্থাপনায় গিয়ারের কেন্দ্রের আড়াআড়ি দাঁতগুলি একই সমান্তরালে অবস্থান করে। গিয়ারের মধ্যে ইহাই সাধারণ আকৃতির গিয়ার, যা অপরটির সঙ্গে মেশিং বা সংযোজন-অবস্থাতেও উভয় শ্যাফট সমান্তরাল অবস্থায় থাকে। ৫.২ চিত্রে স্পার গিয়ারদ্বয়ের সংযোজন-অবস্থা দেখানো হয়েছে। দুটি সংযোজিত গিয়ারের দাঁতসমূহের পরিমাপ একই থাকে, তবে উহাদের সংখ্যার তারতম্য ঘটতে পারে।

গিয়ারদ্বয়ের কোন একটির ব্যাস ১ ইঞ্চি এবং অপরটির ব্যাস ২ ইঞ্চি হলে, ছোট গিয়ারটি বড় গিয়ার অপেক্ষা দ্বিগুণ ঘুরবে। স্পার গিয়ারে, যখন উহা কাজ করে, অন্যান্য গিয়ার অপেক্ষা শব্দ একটু বেশি হয়।

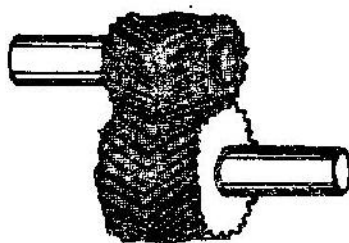
২। **স্পাইরাল গিয়ার:** এ ধরনের গিয়ারের দাঁতগুলি কৌণিক বা হেলানো অবস্থায় থাকে, কিন্তু সংযোজিত উভয় গিয়ারের শ্যাফট একই সমান্তরালে অবস্থান

চিত্র ৫.৩ : স্পাইরাল বা কৌণিক দাঁতবিশিষ্ট গিয়ারদ্বয়ের সংযোজন-অবস্থা।

করে কাজ করে। স্পাইরাল গিয়ার সংযোজনে পিচ্ছিলভাব বজায় রাখা হয়, যাতে উহা ঘূর্ণনের সময় ঘর্ষণে কম্পন সৃষ্টি না হতে পারে। এই ধরনের গিয়ার সেজন্য হাল্কা করে প্রস্তুত করা হয়, যাতে অধিক ঘূর্ণন গতিতে অনায়াসে কাজ করতে পারে।

অন্যান্য গিয়ার অপেক্ষা স্পাইরাল বা কৌণিক দাঁতবিশিষ্ট গিয়ারে কম শব্দ উৎপন্ন হয় বলে এই ধরনের গিয়ারসমূহ যাত্রীবাহী যানের ট্রান্সমিশন,

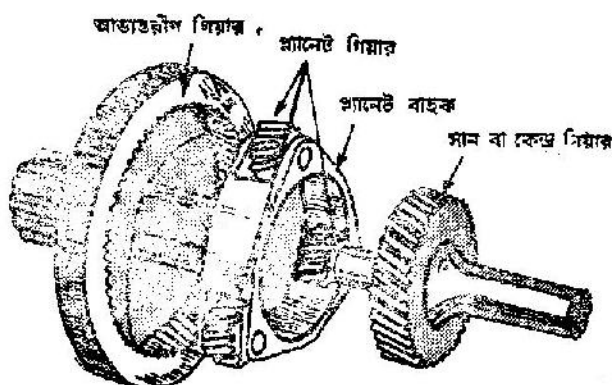
ওভারড্রাইভ এবং ইঞ্জিনটাইমিং গিয়ার হিসেবেই বেশি ব্যবহার করা হয়। ৫.৩ চিত্রে স্পাইরাল গিয়ারদ্বয়ের সংযোজন-অবস্থা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৫.৪ : স্পাইরাল গিয়ারদ্বয়ের সংযোজন-অবস্থা।

স্পাইরাল গিয়ারদ্বয়ের সকল সংযোজন-অবস্থায় উহাদের শ্যাফট একই সামান্তরালে অবস্থান করে না। ৫.৪ চিত্রে ক্যামশ্যাফট ও ডিস্ট্রিবিউটর ড্রাইভ শ্যাফটের স্পাইরাল গিয়ারদ্বয়ের শ্যাফটদ্বয়কে সমকোণে অবস্থান করে কাজ করতে দেখা যাচ্ছে।

৩। **দ্বৈত স্পাইরাল বা হেরিংবোন গিয়ার :** এই ধরনের প্রতিটি গিয়ারে বিপরীত দিকে মিলানো কৌণিকভাবে দাঁতগুলি অবস্থান করে। বিপরীত দিকে কোণ

চিত্র ৫.৫ : দ্বৈত স্পাইরাল বা হেরিংবোন গিয়ারদ্বয়ের সংযোজন-অবস্থা।

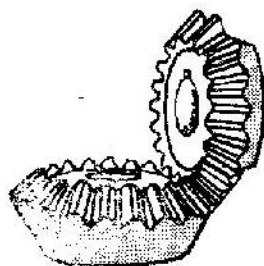
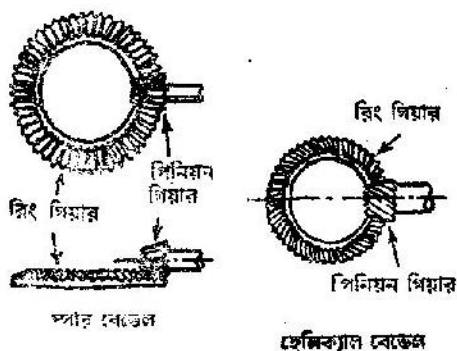
করে দুটি স্পাইরাল বা কৌণিক দাঁতবিশিষ্ট গিয়ারকে শ্যাফট সমান্তরালে রাখলে দ্বৈত স্পাইরাল বা হেরিংবোন গিয়ার উৎপন্ন হয়। এই গিয়ারে বিপরীত দিকে কোণ করে দুটি স্পাইরাল গিয়ার সেট কর্তন করা হয় বলে এই ধরনের গিয়ার অন্যান্য গিয়ার অপেক্ষা সর্বাধিক চওড়া হয়।

আড়াআড়িভাবে ইট ফেলে রাস্তা নির্মাণ করলে যেমন উহাকে হেরিংবোন রাস্তা বলে, সেইরূপ এই গিয়ারের দাঁতগুলি আড়াআড়িভাবে অবস্থান করে বলে এই গিয়ারকে হেরিংবোন গিয়ার বলা হয়। এই ধরনের গিয়ার অত্যধিক মজবুত ও আঁটসাঁটভাবে অবস্থান করে কাজ করে বলে উহাতে পার্শ্ব ধাক্কা উৎপন্ন হতে পারে না এবং সংযোজিত অবস্থায় ঢিলা হতে পারে না। ৫.৫ চিত্রে দ্বৈত স্পাইরাল বা হেরিংবোন গিয়ারদ্বয়ের সংযোজন-অবস্থা দেখানো হয়েছে।

৪। **সাধারণ বা প্লানেটারী গিয়ার :** পূর্বে দুটি গতিবেগবিশিষ্ট ট্রান্সমিশনে সাধারণ বা প্লানেটারী গিয়ারের বেশ প্রচলন ছিল। বর্তমানে ট্রান্সমিশনের স্থলে উহাকে আধুনিক মোটরযানের চারটি গতিবেগবিশিষ্ট ওভারড্রাইভে জনপ্রিয়তার সঙ্গে ব্যবহার করা হচ্ছে।

চিত্র ৫.৬ : সাধারণ বা প্লানেটারী গিয়ার ব্যবস্থাপনা।

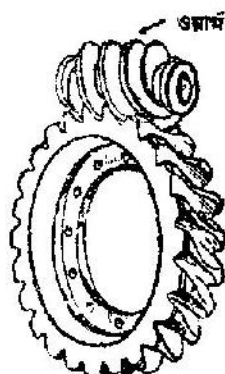
প্লানেটারী গিয়ার ব্যবস্থাপনায় উহাদের বাইরের দিকে অন্তর্দেশে দাঁতবিশিষ্ট রিং অথবা এনুলার গিয়ার থাকে এবং প্লানেটারী গিয়ার বাহকের সঙ্গে তিনটি প্লানেটারী গিয়ার থাকে। রিং গিয়ারের দাঁতের খাঁজে প্লানেটারী গিয়ারের দাঁত মিশে থাকে এবং প্লানেটারী গিয়ার বাহকের কেন্দ্রে সান বা কেন্দ্রীয় গিয়ার অবস্থান করে, যার সঙ্গে আবার প্লানেটারী গিয়ারসমূহের সংযোগ থাকে। ৫.৬ চিত্রে প্লানেটারী গিয়ার ব্যবস্থাপনা দেখানো হয়েছে।

৫। **বেভেল গিয়ার :** কোন একটি শ্যাফট থেকে অপর শ্যাফটে কৌণিকভাবে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ করার জন্য বেভেল গিয়ার ব্যবহৃত হয়। এই কোণের মাত্রা

সাধারণত ৯০° তে নির্ধারণ করা হয়। ৫.৭ চিত্রে প্রথমতঃ স্পার-বেভেল এবং দ্বিতীয়তঃ হেলিক্যাল-বেভেল গিয়ার দেখানো হয়েছে। যখন বেভেল গিয়ারের দাঁতগুলি সোজা থাকে, তখন উহাকে স্পার-বেভেল এবং যখন বেভেল গিয়ারের দাঁতগুলি হেলিক্যাল বা কৌণিকভাবে অবস্থান করে তখন উহাকে হেলিক্যাল-বেভেল গিয়ার বলা হয়।

চিত্র ৫.৭ : বেভেল গিয়ারসমূহের সংযোজন-অবস্থা।

সংযোজিত বেভেল গিয়ারদ্বয়ের বড় গিয়ারকে রিং গিয়ার এবং ছোট গিয়ারকে পিনিয়ন গিয়ার বলে। পরিচলনের সময় হেলিক্যাল-বেভেল গিয়ারে স্পার-বেভেল গিয়ার অপেক্ষা শব্দ কম হয় এবং ইহাতে গতিবেগ কমতির হারও বেশি হতে পারে।

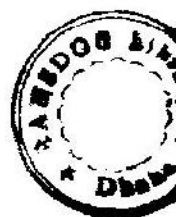
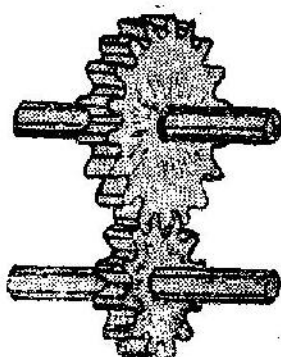
৬। **ওয়ার্ম বা হাইপয়েড গিয়ার :** মোটরযানের ফাইনাল ড্রাইভে এই ধরনের গিয়ার সেটের ব্যবহার সর্বাধিক। ওয়ার্ম বা হাইপয়েড গিয়ার সেটও বেভেল গিয়ার সেটের মত উভয় গিয়ার পরস্পর ৯০° কোণে অবস্থান করে। তবে পার্থক্য হলো,

বেভেল গিয়ার সেটের গিয়ারদ্বয় একই তলে ৯০° কোণে থাকে, কিন্তু হাইপয়েড গিয়ারদ্বয় একই কোণে থাকলেও একই তলে অবস্থান করে না। ৫.৮ চিত্রে ওয়ার্ম

ওয়ার্ম এবং হুইল

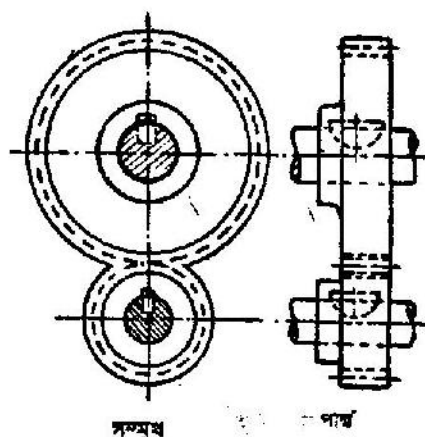
চিত্র ৫.৮ : ওয়ার্ম বা হাইপয়েড গিয়ার সেট।

বা হাইপয়েড গিয়ার সেট দেখানো হয়েছে। যাত্রীবাহী যানের ফাইনাল ড্রাইভে সাধারণত এই ধরনের গিয়ারের ব্যবহার বেশ জনপ্রিয়।

গিয়ার ও পিনিয়ন

যে কোন একটি গিয়ার সেট লক্ষ্য করলে দেখা যায় যে, যখন একটি ছোট গিয়ার অপর একটি বড় গিয়ারকে ঘুরায় অথবা একটি বড় গিয়ার অপর একটি

চিত্র ৫.৯ : একটি গিয়ার ও পিনিয়নের সংযোজন-অবস্থার আইসোমেট্রিক নকশা।

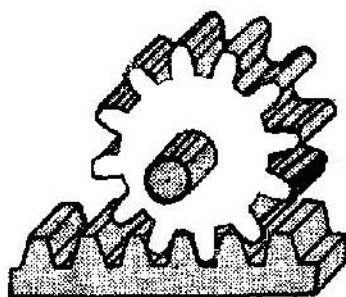
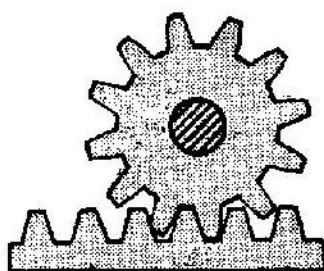
ছোট গিয়ারকে ঘুরায় তখন এই গিয়ার সেটের ছোট গিয়ারকে পিনিয়ন বলা হয়। ৫.৯ চিত্রে একটি গিয়ার ও পিনিয়নের সংযোজন-অবস্থার আইসোমেট্রিক নকশা দেখানো হয়েছে।

গিয়ার ও পিনিয়ন সংযোজন-অবস্থায় উহাদের সম্মুখ ও পার্শ্ব দেশের নকশা আঁকতে হলে ৫.১০ চিত্র অনুযায়ী প্রথমতঃ গিয়ারদ্বয়ের দাঁতগুলো সামনে এনে সম্মুখ এবং অতঃপর গিয়ারদ্বয়ের শ্যাফটের মাথা সামনে এনে পার্শ্বদেশের নকশা অঙ্কন করতে হয়।

চিত্র ৫.১০ : গিয়ার ও পিনিয়নের সম্মুখ ও পার্শ্ব দেশের নকশা।

র‍্যাক ও পিনিয়ন

ডিজেল ইঞ্জিনের দহন প্রকোষ্ঠে ইনজেক্টর কর্তৃক জ্বালানি সরবরাহের মাত্রা বা পরিমাণ নির্ধারণের জন্য র‍্যাক ও পিনিয়ন ব্যবহার করা হয়। কোন একটি সমান্তরাল দণ্ডের উপর নির্মিত গিয়ারকে র‍্যাক এবং উহার উপরে একই পরিমাপের দাঁতবিশিষ্ট গিয়ারকে পিনিয়ন বলা হয়। ৫.১১ চিত্রে র‍্যাক ও পিনিয়নের আইসোমেট্রিক নকশা এবং নিচে সম্মুখ-নকশা দেখানো হয়েছে।

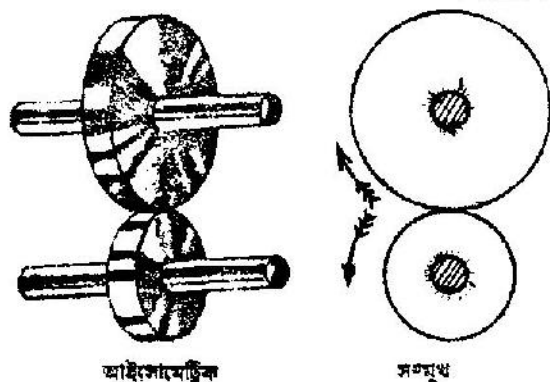
র‍্যাক ও পিনিয়ন অন্যান্য যান্ত্রিক যন্ত্রেও কোন কিছুর পরিমাপ নির্ধারণের জন্য ব্যবহৃত হতে পারে। তবে, যে কোন ক্ষেত্রে র‍্যাক ও পিনিয়নের মধ্যে যে

কোন একটি চালক এবং অপরটি চালিত যন্ত্রাংশ হিসেবে কাজ করে কোন যন্ত্রকে সুষ্ঠুভাবে কাজ করতে সাহায্য করে।

আইসোমেট্রিক

সম্মুখ

চিত্র ৫.১১ : র‍্যাক ও পিনিয়নের আইসোমেট্রিক নকশা ও সম্মুখ-নকশা।

ঘর্ষণ-চক্র (Friction wheel)

যখন কোন একটি চক্রের পার্শ্বদেশের ঘর্ষণে অপর চক্রটি চালিত হয়, তখন উক্ত চক্রদ্বয়কে ঘর্ষণ-চক্র বলে। এই ঘর্ষণ-চক্রের চতুর্দিকে কোন গিয়ারের দাঁত কাটা থাকে না। এই চক্রদ্বয়ের একটির ব্যাস অপরটি অপেক্ষা বেশি, পুরুত্ব সমান এবং উহাদের শ্যাফটদ্বয় একই সমান্তরালে অবস্থান করে।

৫.১২ চিত্রে একটি ঘর্ষণ-চক্র সেটের আইসোমেট্রিক নকশা ও সম্মুখ-নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৫.১২ : একটি ঘর্ষণ-চক্র গেটের আইসোমেট্রিক নকশা ও সম্মুখ-নকশা।

গিয়ারের অনুপাত (Gear ratio)

পূর্বেই আলোচনা করা হয়েছে যে, গিয়ারের ব্যাস ও দাঁতের সংখ্যার উপরে গিয়ারের ঘূর্ণনগতি (R.P.M) নির্ভরশীল। উদাহরণস্বরূপ কোন একটি বড় ব্যাসবিশিষ্ট গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা ৪৮ এবং ব্যাস ৪´´; উহার সঙ্গে সংযোজিত অপর একটি ছোট ব্যাসবিশিষ্ট গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা ২৪ এবং ব্যাস ২´´ ইঞ্চি। তাহলে, ছোট এবং বড় গিয়ারের ঘূর্ণনগতির অনুপাত হবে, ২ : ১ ; উহাকেই গিয়ারের অনুপাত বলা হয়। আবার এখানে গিয়ারদ্বয়ের ব্যাস অথবা দাঁতের সংখ্যার অনুপাত ধরলে ১ : ২ হবে।

তবে এখানে গিয়ারের অনুপাত হিসাব করতে ড্রাইভিং বা চালক গিয়ার এবং চালিত গিয়ারের দূরত্ব অতিক্রম, গতিবেগ, ঘূর্ণনগতি, দাঁতের সংখ্যা প্রভৃতির অনুপাতের উপর গিয়ারের অনুপাত নির্ভরশীল।

সুতরাং,

$$\text{গিয়ারের অনুপাত} = \frac{\text{চালক গিয়ারের দূরত্ব অতিক্রম}}{\text{চালিত গিয়ারের দূরত্ব অতিক্রম}}$$

$$= \frac{\text{চালক গিয়ারের গতিবেগ}}{\text{চালিত গিয়ারের গতিবেগ}}$$

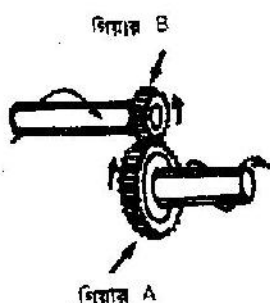
$$= \frac{\text{চালক গিয়ারের ঘূর্ণনগতি}}{\text{চালিত গিয়ারের ঘূর্ণনগতি}}$$

$$= \frac{\text{চালক গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা}}{\text{চালিত গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা}}$$

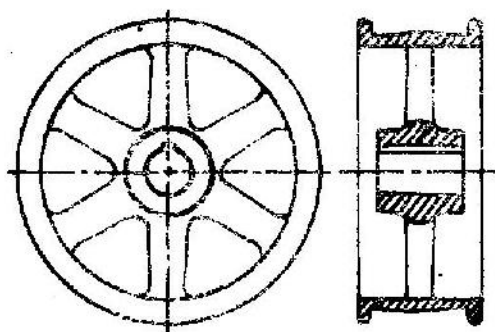
ধরা যাক, ৫.১৩ চিত্র অনুযায়ী একটি চালিত গিয়ার B-এর দাঁতের সংখ্যা ১৪ এবং চালক গিয়ার A-এর দাঁতের সংখ্যা ২০ টি। তাহলে উক্ত চালক ও চালিত গিয়ারের অনুপাত হবে

$$= \frac{\text{চালক গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা}}{\text{চালিত গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা}}$$

$$= \frac{২০}{১৪}$$

= ১.৪৩ : ১ [যেহেতু অনুপাতের কোন ইউনিট নেই।]

চিত্র ৫.১৩ : চালক ও চালিত গিয়ারের অনুপাত।

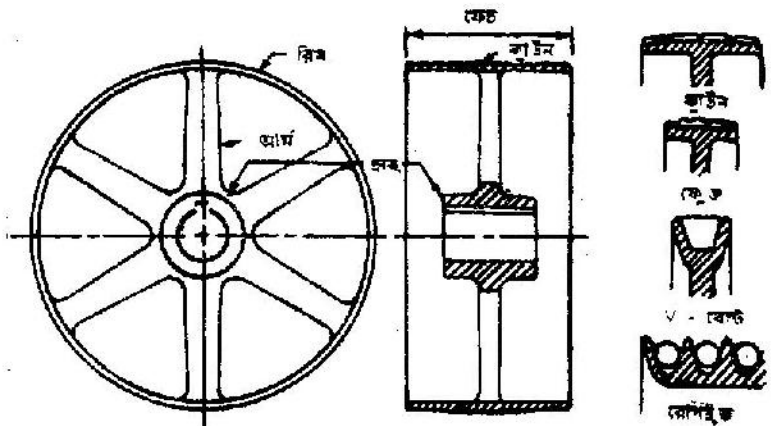
পুলি (Pulleys)

ইহা দেখতে চক্র বা চাকার মত। ইহাদের কেন্দ্রে শ্যাফট সংযুক্তির জন্য ছিদ্র এবং আটকানোর জন্য লকিং খাঁজ থাকে। কোন যান্ত্রিক অথবা বৈদ্যুতিক

চিত্র ৫.১৪ : একটি পুলির পার্শ্বদেশ ও সম্মুখ-নকশা।

যন্ত্রাদি থেকে অন্য যন্ত্রে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহের জন্য পুলি ব্যবহৃত হয়। একটি পুলি দ্বারা অপর পুলিকে চালানোর জন্য বেল্ট বা দড়ি ব্যবহৃত হয়। পুলির কেন্দ্র থেকে পরিধি পর্যন্ত সাধারণত ছয়টি বাহু (arm) থাকে। পুলির ওজনের সমতাবিধান করার জন্য উহার বাহুগুলিকে পরিধির সঠিক পরিমাপ অনুসারে নির্দিষ্ট কৌণিক দূরত্বে সেট করা হয়। ৫.১৪ চিত্রে একটি পুলির পার্শ্বদেশ ও সম্মুখ নকশা দেখানো হয়েছে।

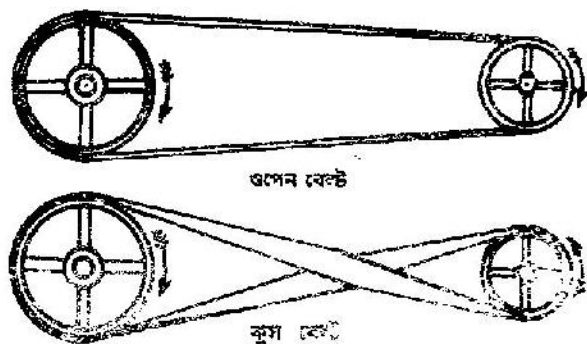
পুলি ও ফ্লেঞ্জ (Pulley and flange)

পুলির পরিধির উপরিভাগে থাকে বেল্ট। পরিধির উপরিভাগ সমতল হলে সেখানে সমতল বেল্ট ব্যবহৃত হয় এবং উহাকে ক্রাউন বলে। সাধারণ খাঁজ-

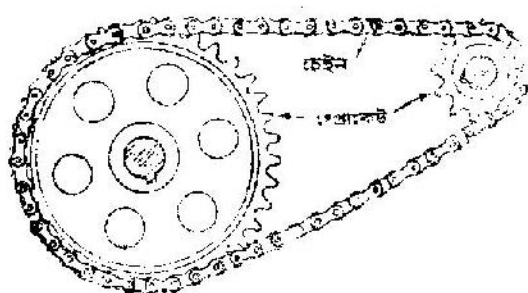
চিত্র ৫.১৫ : পুলি ও ফ্লেঞ্জের কর্তিত নকশা।

বিশিষ্ট পরিধিকে ফ্লেঞ্জ, V-আকৃতির খাঁজবিশিষ্ট পরিধিকে V-বেল্ট এবং দড়ির গর্তবিশিষ্ট পরিধিকে রোপ-গ্রুভ (rope-groove) পুলি বলা হয়। ৫.১৫ চিত্রে পুলি ও ফ্লেঞ্জের কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

বেল্ট ও পুলি (Belt and Pulley)

সাধারণত একটি পুলি থেকে অপর পুলিতে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহের জন্য উভয় পুলির সঙ্গে বেল্টকে সোজাভাবে সংযোজন করা হয়। কিন্তু অপেক্ষাকৃত

শক্ত কাজের ক্ষেত্রে বেল্ট পিছলানো রোধ করার জন্য বেল্টকে আড়াআড়িভাবে পঁ্যাচ দিয়ে উভয় গিয়ারের সঙ্গে সংযোগ সৃষ্টি করা হয়। ৫.১৬ চিত্রে বেল্ট ও পুলির সাহায্যে বেল্টের সোজা ও আড়াআড়িভাবে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৫.১৬ : বেল্ট ও পুলির সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ (বেল্টের সোজা ও আড়াআড়িভাবে)।

গিয়ার ও চেইন (Gear and Chain)

যখন উভয় শ্যাফটের গিয়ারদ্বয় কিছুটা দূরে অবস্থান করে, সেখানে এক গিয়ার থেকে অপর একটি গিয়ারে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহের জন্য গিয়ারদ্বয়ের সঙ্গে চেইন সংযোগ করা হয়। ৫.১৭ চিত্রে গিয়ার ও চেইনের সাহায্যে যান্ত্রিক শ

চিত্র ৫.১৭ : গিয়ার ও চেইনের সাহায্যে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ।

সরবরাহ প্রক্রিয়া দেখানো হয়েছে। সাধারণত মোটরযানের টাইমিং গিয়ার ও চেইন হিসেবে এই ধরনের গিয়ার ও চেইন ব্যবহৃত হয়।

গিয়ারের নোমেনক্লেচার (Nomenclature of Gears)

বিভিন্ন প্রকার গিয়ার প্রস্তুত করতে নির্দিষ্ট যে তথ্যাবলী অনুসরণ করা হয়, উহাকেই গিয়ারের নোমেনক্লেচার বলে। লেদ যন্ত্রে (Lathe Machine) স্পার গিয়ারের দাঁত বা খাঁজ প্রস্তুত করা সহজতর। গিয়ারের দাঁত প্রস্তুত করার জন্য

চিত্র ৫.১৮ঃ একটি স্পার গিয়ার অঙ্কন ও প্রস্তুত প্রণালীর নোমেনক্লেচার।

লেদ যন্ত্রের বিশেষ ধরনের কৌণিক কর্তক (Angle Cutter) ব্যবহার করা হয় এবং প্রাথমিকভাবে গিয়ার প্রস্তুতের জন্য নরম পদার্থ, যেমন প্লাস্টিক, অ্যালুমিনিয়াম প্রভৃতি ধাতু ব্যবহার করা হয়। ৫.১৮ চিত্রে একটি স্পার গিয়ারের নোমেনক্লেচার দেখানো হয়েছে। উহাতে নয়টি দাঁত রয়েছে। গিয়ারের নকশা অঙ্কন অথবা প্রস্তুত করার লক্ষ্যে নিম্নবর্ণিত কারিগরি তথ্যসমূহ অনুসরণ করা হয়, যেমন:

(ক) পিচ এর ব্যাস (Pitch Diameter বা P.D) : গিয়ারের পিচ চক্রের ব্যাসকেই পিচ-এর ব্যাস বলে।

(খ) চক্রাকার পিচ (Circular pitch বা C. P) : গিয়ারের একটি দাঁতের কেন্দ্র থেকে উহার ঠিক পরবর্তী আর একটি দাঁতের কেন্দ্র পর্যন্ত দূরত্বকে চক্রাকার পিচ বলে।

(গ) ব্যাসীয় পিচ (Diametral pitch বা D. P) : ইহা দ্বারা গিয়ারের পিচ-এর সংখ্যা বুঝানো হয়।

(ঘ) বহির্দেশীয় ব্যাস (Outside diameter বা O. D) : গিয়ারের দাঁত প্রস্তুতের পূর্বে ধাতুখণ্ডের বহির্দেশের ব্যাসকে বহির্দেশীয় ব্যাস বলে।

(ঙ) অ্যাডেন্ডাম (Addendum) : পিচ চক্রের উপরিভাগে দাঁতের অংশকে অ্যাডেন্ডাম বলে।

(চ) ডিডেন্ডাম (Dedendum) : পিচ চক্রের নিম্নভাগে দাঁতের অংশকে ডিডেন্ডাম বলে।

(ছ) দাঁতের গভীরতা (Depth of teeth) : দাঁতের শীর্ষ থেকে উহার পাদদেশ পর্যন্ত লম্বভাবে যে পরিমাপ পাওয়া যায়, উহাকেই গিয়ারের দাঁতের গভীরতা বলে।

(জ) গিয়ারের ফাঁক (Clearence) : দুটি গিয়ার যখন পরস্পরের সাথে মিলিত হয়, তখন একটি দাঁতের চূড়া এবং অপরটির তলদেশ পর্যন্ত মধ্যবর্তী ফাঁকা জায়গাকে গিয়ারের ফাঁক বলা হয়।

(ঝ) কার্যকরী গভীরতা (Working depth) : একটি গিয়ারের দাঁত, অপর একটি গিয়ারের গা স্পর্শ করে যে পর্যন্ত গভীরে মিলিত হয়ে ঘুরতে থাকে, সেই গভীরতাকে কার্যকরী গভীরতা বলে।

(ঞ) রুটের ব্যাস (Root diameter) : গিয়ারের দুই দিকের দাঁতের গভীরতা বহির্দেশের ব্যাস থেকে বাদ দিলে যে পরিমাপ পাওয়া যায়, উহাকেই রুটের ব্যাস বলে।

সূত্রাবলী

(অ) ডি. পি (D. P) $= \dfrac{\text{দাঁতের সংখ্যা} + ২}{\text{ও. ডি (O.D)}}$

(আ) সি. পি (C. P) $= \dfrac{\pi}{\text{ডি. পি (D.P)}}$

(ই) দাঁতের সংখ্যা $=$ পি. ডি. $\times$ ডি. পি.

(ঈ) ও.ডি. (O. D) $= \frac{\text{দাঁতের সংখ্যা} + ২}{\text{ডি. পি (D.P)}}$

(উ) পি. ডি (P.D) $= \frac{\text{দাঁতের সংখ্যা}}{\text{ডি. পি (D.P)}}$

(ঊ) অ্যাডেন্ডাম $= \frac{১}{\text{ডি.পি (D.P)}}$

(ঋ) ডিডেন্ডাম $= \frac{১.১৫৭}{\text{ডি.পি (D.P)}}$

(এ) কার্যকরী গভীরতা $= \frac{২}{\text{ডি. পি (D.P)}}$

(ঐ) (দাঁতদ্বয়ের) ফাঁক $= \frac{০.১৫৭}{\text{ডি.পি (D.P)}}$

অঙ্কনের পরিমাপ

গিয়ারের ব্যাস, O D অথবা D $=$ ৩ $\frac{২১''}{৩২}$ (৯.২৯ সেঃ মিঃ)

ব্যাসীয় পিচ, D P=৩'' (৭.৬২ সেঃ মিঃ)

পিচ (Pitch), P=১.০৪'' (২.৬৪ সেঃ মিঃ)

অ্যাডেন্ডাম, E=০.৩৩'' (০.৮৩ সেঃ মিঃ)

ডিডেন্ডাম, F=০.৩৮৫'' (০.৯৮ সেঃ মিঃ)

পিচ-এর ব্যাস, P.D=৩'' (৭.৬২ সেঃ মিঃ)

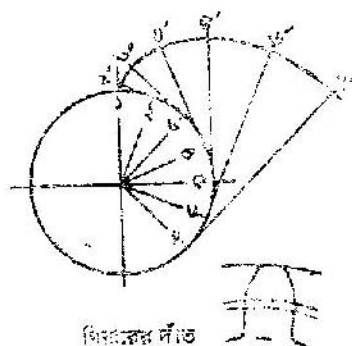
ফাঁকা জায়গা (Space), D=০.৫৪১'' (১.৩৭ সেঃ মিঃ)

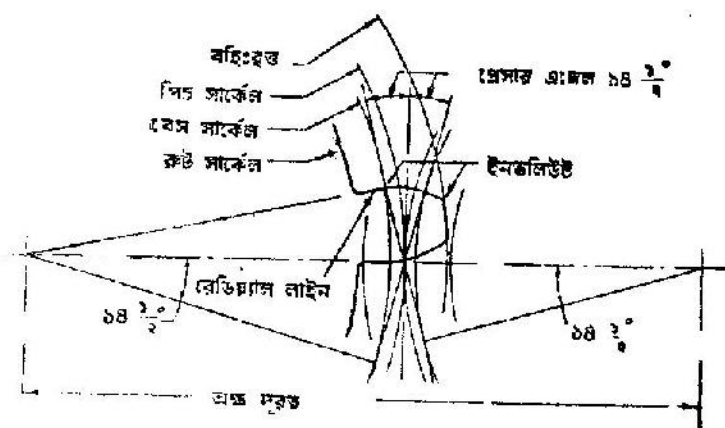
দাঁতের পুরুত্ব, C=০.৪৯৯'' (১.২৭ সেঃ মিঃ)

গিয়ারের দাঁতের সংখ্যা=৯ (নয়) টি

এই পরিমাপগুলি অনুসরণ করে ধারাবাহিকভাবে স্পার গিয়ারটির অঙ্কনকার্য শেষ করা হয়। গিয়ার অঙ্কন করতে এরকমভাবে আনুপাতিক হারে পরিমাপ অনুসরণ করার প্রয়োজন হয়। অন্যান্য গিয়ারের নকশা অঙ্কন করতেও স্পার গিয়ারের ন্যায় আনুপাতিক পরিমাপের দরকার হয়।

স্পার গিয়ারের ইনভলিউট রেখা

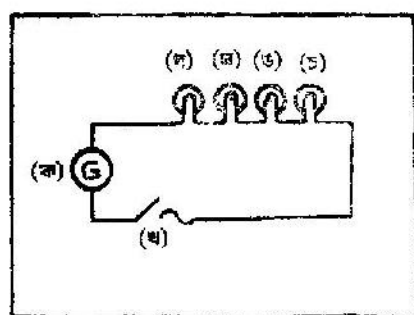
স্পার গিয়ারের দাঁতের কৌণিক রেখা, যা ইনভলিউট রেখা নামে আখ্যায়িত, একমুখী নয়। ৫.১৯ চিত্রে স্পার গিয়ারের প্রারম্ভিক বৃত্ত ও গিয়ারের দাঁতের ইনভলিউট রেখা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৫.১৯ : একটি বৃত্ত ও স্পার গিয়ারের ইনভলিউট রেখা।

একটি স্পার গিয়ারের নকশা অঙ্কন করতে হলে, প্রথমতঃ উহার একটি কেন্দ্র থেকে একটি বৃত্ত অঙ্কন করতে হয়। অতঃপর গিয়ারের দাঁতের সংখ্যানুসারে

চিত্র ৫.২০ : একটি স্পার গিয়ারের চাপীয় কোণ ও ইনভলিউট রেখা।

উহার পরিধিকে নির্দিষ্ট সংখ্যক ভাগে বিভক্ত করতে হয় এবং ৫.২০ চিত্রানুযায়ী বিন্দু ২-কে কেন্দ্র করে ২-১ ব্যাসার্ধ নিয়ে একটি ২-২´ বৃত্তচাপ, এভাবে বিন্দু ৩ থেকে কেন্দ্র করে পূর্বের বৃত্তচাপ-এর ছেদক বিন্দুকে ব্যাসার্ধ নিয়ে ৩-৩´ বৃত্তচাপ, ৪-৪´, ৫—৫´, ৬—৬´, ৭—৭´ বৃত্তচাপ এঁকে গিয়ারের দাঁতের ইনভলিউট রেখা অঙ্কন করা হয়।

স্পার গিয়ার-এর চিত্রাঙ্কন ও গিয়ার প্রস্তুতে সাধারণত $14\frac{1}{2}^\circ$ অথবা 20° ইনভলিউট পদ্ধতি ব্যবহৃত হয়। ৫.২০ চিত্রে একটি স্পার গিয়ারের চাপীয় কোণ (Pressure angle) এবং ইনভলিউট রেখা দেখানো হয়েছে। স্পার গিয়ারের অ্যাডেনডাম ও ডিডেনডামের কোণ-এর পরিমাণ সাধারণত $14\frac{1}{2}^\circ$ থাকে এবং একেই চাপীয় কোণ বলে। ঘূর্ণন ও ঘূর্ণায়মান (drive and driven gear) গিয়ারদ্বয়ের দাঁতের চাপ এই চাপীয় কোণে আরোপিত হয়ে একটির ধাক্কায় অপরটি ঘূর্ণায়মান হয়।

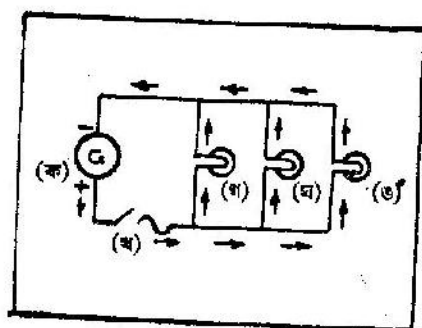
বৈদ্যুতিক বর্তনী (Electric circuit)

ইহা এমন একপ্রকার বর্তনী, যার পরিবাহীতে ব্যাটারী, জেনারেটর অথবা যে কোন উৎস থেকে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রবাহিত হয় এবং তা দ্বারা বৈদ্যুতিক বাতি,

চিত্র ৫.২১ : একটি সিরিজ বর্তনী নকশা।

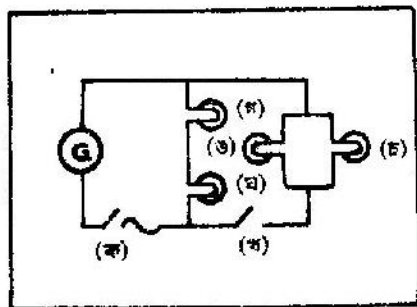
বৈদ্যুতিক মোটর প্রভৃতি চালিত হয়। ইহাকে সাধারণত তিনভাগে ভাগ করা হয়, যেমন :

(ক) সিরিজ বর্তনী (Series circuit.),
(খ) প্যারালাল বর্তনী (Parallel circuit.), এবং

(গ) সিরিজ ও প্যারালাল-এর যৌগ বর্তনী (A combination of series and parallel circuits)

(ক) **সিরিজ বর্তনী :** ৫.২১ চিত্রে একটি সিরিজ বর্তনী নকশা দেখানো হয়েছে। বর্তনীতে একটি পরিবাহীর সঙ্গে একটি সুইচ (খ) চারটি বৈদ্যুতিক বাতি (গ), (ঘ), (ঙ) ও (চ) এবং শেষে একটি বৈদ্যুতিক জেনারেটর (ক) সংযুক্ত করা হয়েছে। এই বর্তনীর কার্যকারিতা হলো জেনারেটরটি চালিত হয়ে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ করতে থাকলে 'সুইচ অন' করলে বৈদ্যুতিক বাতিসমূহ জ্বলতে থাকবে। যে কোন বৈদ্যুতিক বর্তনী নকশা অঙ্কন করতে বৈদ্যুতিক প্রবাহ, প্রয়োগ ও প্রতীকসমূহ (symbols) সম্পর্কে ধারণা থাকা বাঞ্ছনীয়। সিরিজ বর্তনীতে কারেন্ট একটি রোধক (ব্যবহারকারী যন্ত্র বা বাতি) থেকে অপর রোধকে যায় বলে একটি বাতি কেটে গেলে পরবর্তী বাতিগুলি জ্বলবে না; কারণ তখন বর্তনী খোলা (open) থাকে। সেই বাতিটি বদলে দিলেই বর্তনী সম্পূর্ণ হবে এবং উহার সঙ্গে সংযুক্ত সবগুলি বাতিই জ্বলবে। সিরিজ বর্তনী তাই, এই বিবেচনায়, অসুবিধাজনক।

চিত্র ৫.২২ : একটি প্যারালাল বর্তনী নকশা।

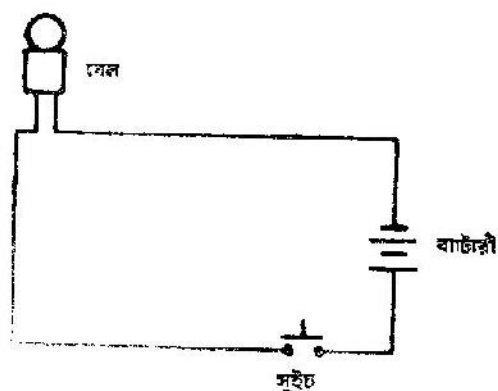
(খ) **প্যারালাল বর্তনী :** এই বর্তনীতে বিদ্যুৎ-শক্তি বা কারেন্ট একের অধিক পথের মাধ্যমে প্রবাহিত হয়। ৫.২২ চিত্রে একটি প্যারালাল বর্তনী নকশা দেখানো হয়েছে, যা তিনটি পৃথক শাখা-পথে (গ), (ঘ) এবং (ঙ) তিনটি বৈদ্যুতিক বাতি রয়েছে। এই বর্তনীর প্রতিটি বাতিই অপরটি থেকে স্বতন্ত্র। যদি উহার যে কোন একটি কেটে যায়, তাহলেও অপরগুলি জ্বলতে বা কাজ করতে থাকবে। প্যারালাল বর্তনীতে তাই সুবিধা বেশি।

(গ) সিরিজ ও প্যারালাল-এর যৌথ বর্তনী : এই ধরনের বর্তনীতে বিভিন্ন রকম ব্যবস্থাপনা থাকে। উদাহরণস্বরূপ ৫.২৩ চিত্রে সিরিজ ও প্যারালাল-এর যৌথ-বর্তনীর একটি ব্যবস্থাপনা দেখানো হয়েছে। এর সিরিজ বর্তনীতে (গ) ও (ঘ) বাতি এবং প্যারালাল বর্তনীতে (ঙ) ও (চ) বাতি সংযুক্ত আছে। উক্ত বর্তনীর সুইচ

চিত্র ৫.২৩ : সিরিজ ও প্যারালাল-এর যৌথ বর্তনী নকশা।

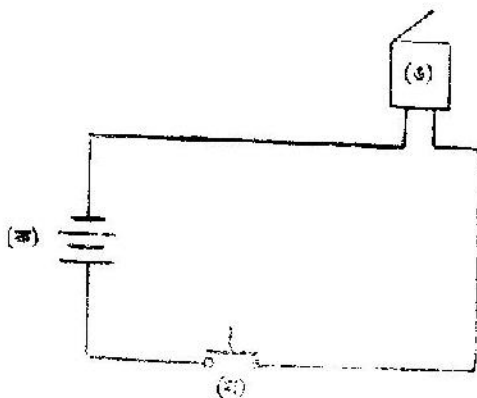
(ক) এবং (খ) যখন অন বা চালু করা হয়, তখন উভয় বর্তনীর সবগুলি বাতিই জ্বলবে। কিন্তু যখন শুধু সুইচ (ক) অন (on) করা হবে, তখন কেবল সিরিজ বর্তনীর বাতিগুলিই জ্বলবে; এ সময় প্যারালাল বর্তনীর সুইচ (খ) খোলা (off) থাকলে সিরিজ বর্তনীতে কোন প্রতিক্রিয়া হবে না।

অপরদিকে সিরিজ বর্তনীর সুইচ 'ক' খোলা বা অফ রেখে প্যারালাল বর্তনীর সুইচ চালু বা অন করলে উক্ত বর্তনীর ঙ ও চ বাতিদ্বয়ের একটিও জ্বলবে না। কারণ, সিরিজ বর্তনী অন থাকলেই শুধু বর্তনী সম্পূর্ণ থাকে।

বৈদ্যুতিক বেল এর বর্তনী (Electric Bell circuit.)

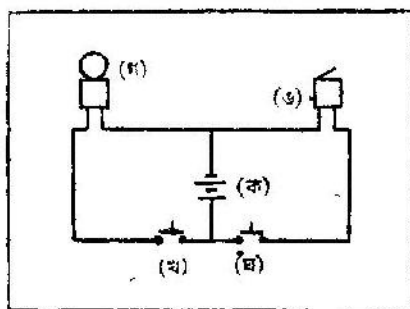
এই বর্তনী বলতে একটা সিরিজ বর্তনী বুঝায়, যা ৫.২৪ চিত্রে দেখানো হয়েছে। বৈদ্যুতিক বেল-এর বর্তনীতে একটি ব্যাটারী 'ক', একটি পুশবাটন সুইচ 'খ' এবং একটি বৈদ্যুতিক বেল 'গ' এর সংযোগ রয়েছে। যখন, সুইচ 'খ' এর উপর চাপ প্রয়োগ করা হয়, তখন বেল-এর যন্ত্রাংশ সক্রিয় হয় এবং বেলটিতে ক্রিং ক্রিং আওয়াজ হতে থাকে। কোন কোন বৈদ্যুতিক বেল-এর বর্তনীতে রোধক হিসেবে ২৫, ৪০ অথবা ৬০ ওয়াট বাল্ব ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ৫.২৪ : বৈদ্যুতিক বেল-এর বর্তনী নকশা।

বৈদ্যুতিক বাযার-এর বর্তনী (Electric Buzzer circuit.)

এই বর্তনীও সিরিজ বর্তনীর অন্তর্ভুক্ত। ৫.২৫ চিত্র অনুযায়ী বৈদ্যুতিক বাযার-এর বর্তনীতে একটি ব্যাটারী (ক), পুশবাটন সুইচ (খ) এবং বাযার (গ) সংযোজিত আছে। সুইচ (খ) অন করলে বৈদ্যুতিক বর্তনী এবং বাযার সক্রিয় হয়।

চিত্র ৫.২৫ : বৈদ্যুতিক বাযার-এর বর্তনী নকশা।

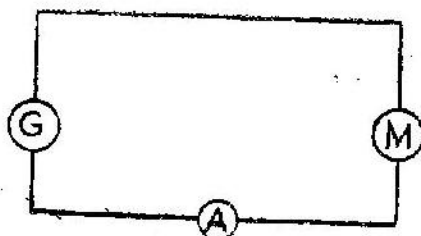
বৈদ্যুতিক বেল ও বাযার-এর যৌথ নকশা

বৈদ্যুতিক বেল ও বাযারকে একক অথবা যৌথ বর্তনীতে ব্যবহার করা চলে। ইতিপূর্বে ইহাদের একক বর্তনী নকশা দেখানো হয়েছে এবং ৫.২৬ চিত্রে

উহাদের যৌথ বর্তনী নকশা দেখানো হলো। এই সিরিজ বর্তনীতে একটি বৈদ্যুতিক শক্তির উৎস বা ব্যাটারী (ক), দুটি পুশবাটন সুইচ (খ) ও (ঘ), বাযার (ঙ) এবং বেল (গ) সংযুক্ত আছে। উক্ত বর্তনী, বৈদ্যুতিক বেল ও বাযার স্বতন্ত্রভাবে

চিত্র ৫.২৬ : বৈদ্যুতিক বেল ও বাযার-এর যৌথ বর্তনী।

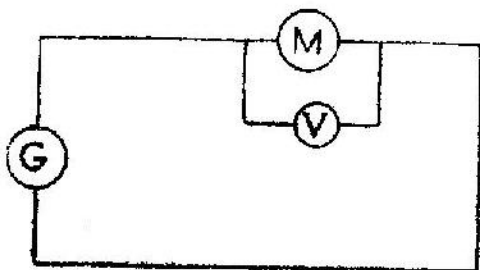
কাজ করতে পারে। অর্থাৎ, বেল এর সুইচ অন করলে শুধু বেলটি এবং বাযারের সুইচ অন করলে শুধু বাযারটি সক্রিয় হয়। আবার, দুটো সুইচ এক সঙ্গে চাপলে যন্ত্রদ্বয় একসঙ্গেও সক্রিয় হতে পারে, তবে তা সাধারণত করা হয় না।

ভোল্টমিটার-এর সংযোগ (Ammeter connection) নকশা

অ্যামিটারকে সাধারণত সিরিজে সংযোগ করে বৈদ্যুতিক শক্তি প্রবাহের মাত্রা বা কারেন্ট-এর মাত্রা পরিমাপ করা হয়। ৫.২৭ চিত্রে একটি সিরিজ বর্তনীতে

চিত্র ৫.২৭ : সিরিজ বর্তনীতে সিরিজে অ্যামিটার-এর সংযোগ নকশা।

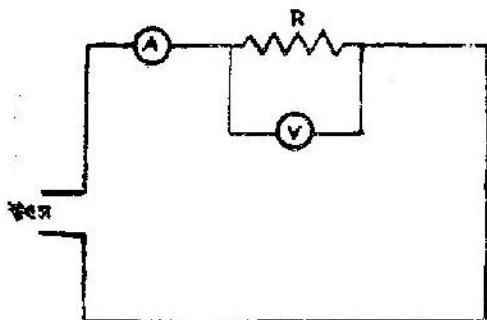
সিরিজে অ্যামিটার (A)-এর সংযোগ নকশা দেখানো হয়েছে, যাতে একটি জেনারেটর (G) এবং মোটর (M) সংযুক্ত-অবস্থায় আছে।

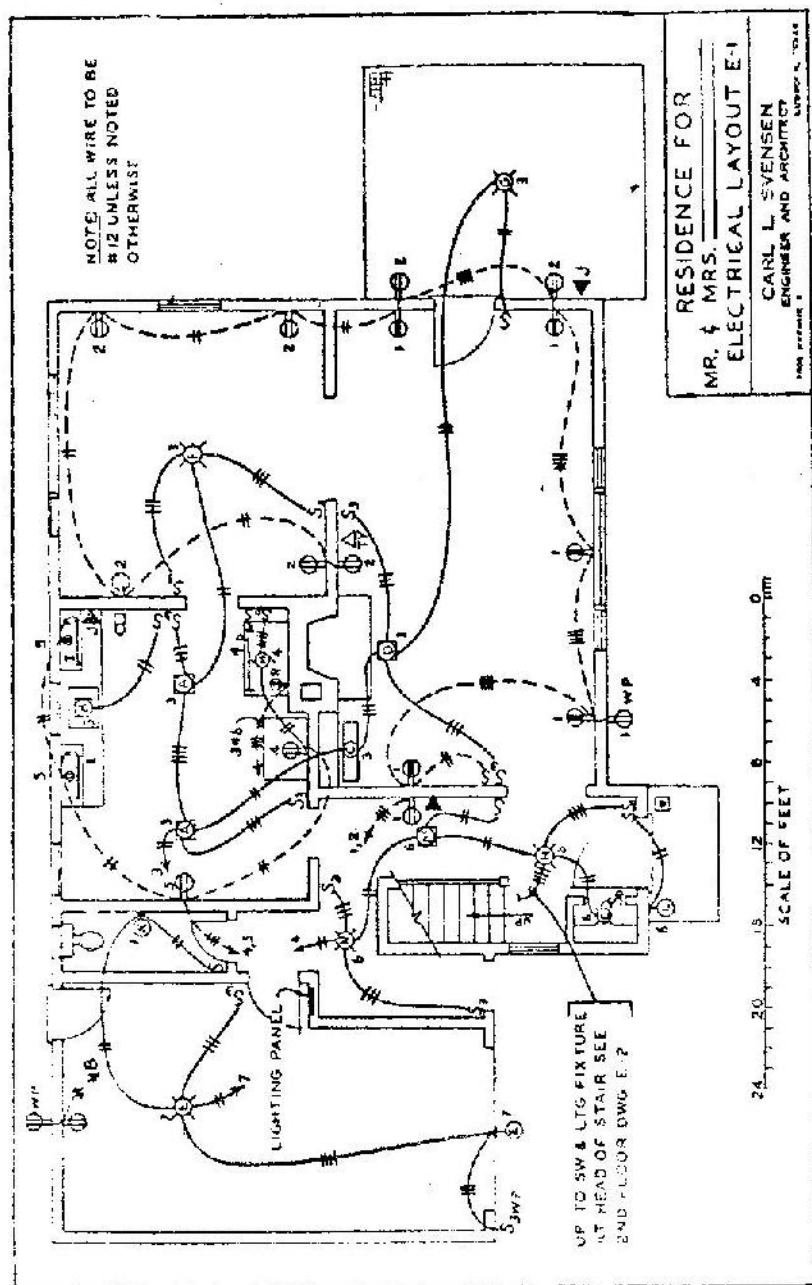
ভোল্টমিটার এর সংযোগ (Voltmeter connection) নকশা

ভোল্টমিটারকে সর্বদা বৈদ্যুতিক বর্তনীর সঙ্গে প্যারালালে সংযোগ করে বৈদ্যুতিক শক্তির ভোল্টেজ বা চাপের মাত্রা পরিমাপ করা হয়। ৫.২৮ চিত্রে

চিত্র ৫.২৮ : সিরিজ বর্তনীতে প্যারালালে ভোল্টমিটারের সংযোগ নকশা।

সিরিজ বর্তনীতে প্যারালালে ভোল্টমিটারের সংযোগ নকশা দেখানো হয়েছে যাতে জেনারেটর (G) ও মোটর (M) সিরিজ এবং ভোল্টমিটার (V) প্যারালালে সংযুক্ত আছে।

অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের যৌথ সংযোগ (Combination of Ammeter and Voltmeter connection)

একটি সিরিজ বর্তনীর সঙ্গে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারকে যৌথভাবে সংযোগ করে বর্তনীতে প্রবহমান বিদ্যুৎ-শক্তির পরিমাণ ও চাপের মাত্রা পরিমাপ করা

চিত্র ৫.২৯ : একটি সিরিজ বর্তনীর সঙ্গে যৌথভাবে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের সংযোগ।

যায়। ৫.২৯ চিত্রে একটি সিরিজ বর্তনীর সঙ্গে একটি অ্যামিটার ও ভোল্টমিটারের সংযোগ নকশা দেখানো হয়েছে। এতে সিরিজে অ্যামিটার (A) এবং

চিত্র ৫.৩০ : দালানের বৈদ্যুতিক লে-আউট নকশা।

রোধক (R বা resistance) এর প্যারালালে ভোল্টমিটার (V) সংযুক্ত করা হয়েছে। উহাতে অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার দ্বারা মূলতঃ রোধক (R)-এর মাধ্যমে প্রবহমান বিদ্যুৎ-শক্তির পরিমাণ ও চাপের মাত্রা পরিমাপ করা হয়েছে।

দালানের বৈদ্যুতিক লে-আউট (Electrical layouts for buildings)

দালানের নির্মাণকার্যাদি শেষ হবার পরপরই উহার বৈদ্যুতিক লে-আউট নকশা দেখে বৈদ্যুতিক ওয়্যারিং কার্যাবলী সমাপন করা হয়। প্রথমতঃ বৈদ্যুতিক লে-আউট নকশা দেখে দালানের দেয়াল, ছাদ ও মেঝেতে বৈদ্যুতিক সুরঞ্জাম যেমন, সুইচ বোর্ড, তার, বাতির ধারক, পাখার হুক, প্লাগ পয়েন্ট বোর্ড প্রভৃতির সংযুক্তিস্থান রঙিন চক বা পেন্সিল দ্বারা চিহ্নিত করা হয়। অতঃপর সেখানে প্রয়োজনীয় খোদাই ও ছিদ্রকরণ কার্যাদি শেষ করে সংযোজন কার্যাদি শুরু ও সমাপন করা হয়। দালানের লে-আউট নকশায় উহার বৈদ্যুতিক লে-আউট নকশা অঙ্কন করা হয়, যা ৫.৩০ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

বৈদ্যুতিক লে-আউট নকশায় সংযোজিত অংশাবলীর প্রয়োজনীয় স্পেসিফিকেশন (specification) এবং নামসমূহের প্রতীক (symbols) উল্লেখ থাকা বাঞ্ছনীয়। ৫.৩০ চিত্রে উল্লেখিত প্রতীকসমূহের পূর্ণ নামের তালিকা ৫.৩১ চিত্রে বর্ণনা করা হয়েছে। স্পেসিফিকেশন মূলতঃ ব্যবহৃত দ্রব্যাদির প্রকৃতি ও প্রকারভেদ সম্বন্ধে ধারণা দেয়। পরবর্তী অধ্যায়সমূহে যন্ত্রাংশের স্পেসিফিকেশন ও প্রতীকসমূহ সম্পর্কে চিত্রসহ বর্ণনা করা হয়েছে।

কার্যকরী নকশা (Working drawing)

এই ধরনের নকশাকে অন্যভাবে উৎপাদন-নকশাও (Production drawing) বলা হয়। কারণ, কার্যকরী বা উৎপাদন নকশাসমূহ অনুসরণ করে প্রকৌশলী, কারিগর, চালক, প্রস্তুতকারক প্রমুখ বিভিন্ন কারিগরি কর্মকাণ্ডে বিভিন্ন গুণসম্পন্ন যান্ত্রিক, বৈদ্যুতিক, ইলেকট্রনিক, স্থাপত্য প্রভৃতি যন্ত্রপাতি বা অংশাবলী প্রস্তুত ও মেরামত করে থাকেন।

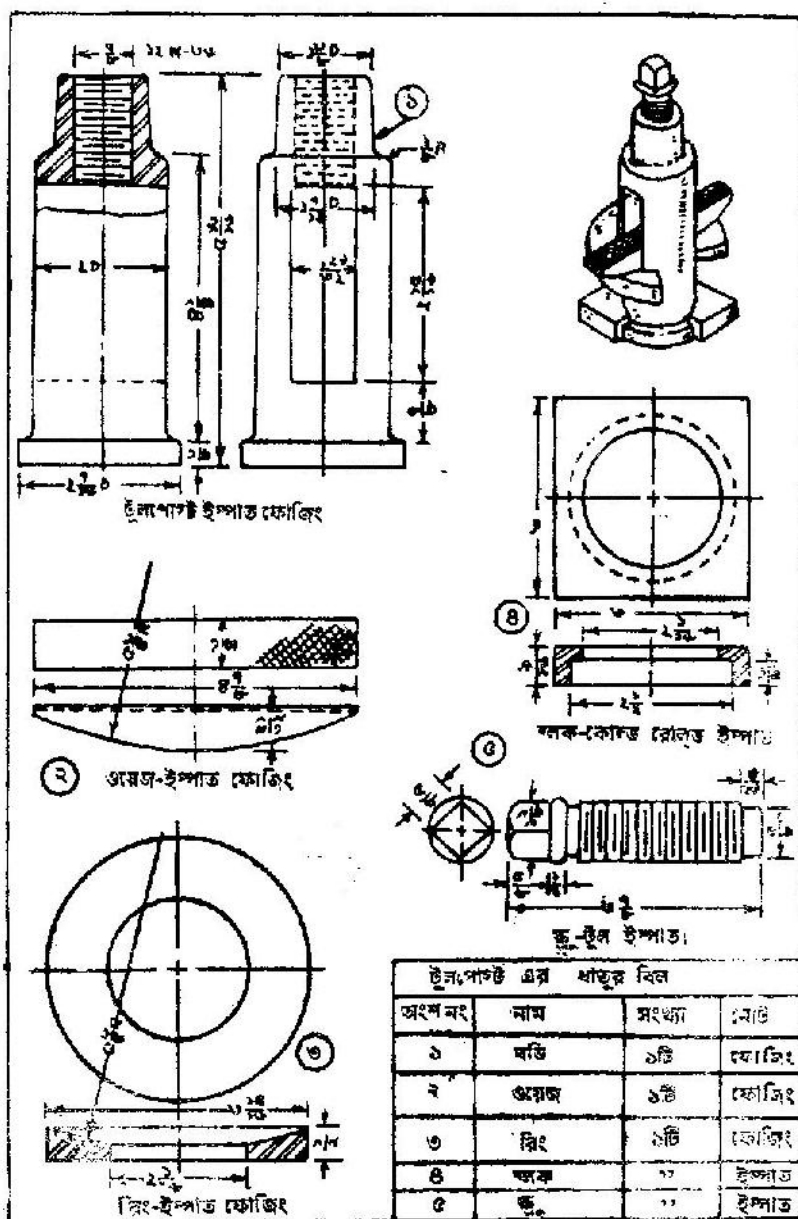
কার্যকরী নকশাকে সাধারণত দুই ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন:

(ক) সংযোজিত (Assembling) নকশা এবং

(খ) বিযোজিত (Disassembling) নকশা।

চিত্র ৫.৩১ : ৫.৩০ চিত্রে উল্লেখিত প্রতীকসমূহের পূর্ণ নামের তালিকা।

যন্ত্রাদির বিভিন্ন যন্ত্রাংশ সংযোজিত অবস্থায় যে নকশা অঙ্কন করা হয়, তাকে সংযোজিত নকশা এবং যন্ত্রাদির বিভিন্ন যন্ত্রাংশ বিযোজন করে ভিন্ন ভিন্নভাবে অঙ্কিত যন্ত্রাংশের নকশাকে বিযোজিত নকশা বলে। এই ধরনের নকশাদ্বয় প্রস্তুত-কারককে যন্ত্রাদি ও যন্ত্রাংশের গঠন সম্পর্কে পূর্ণ ধারণা প্রদান করে। ৫.৩২ চিত্রে একটি টুল পোস্ট (Tool Post)-এর সংযোজিত ও বিযোজিত অবস্থায় কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে।

টুলপোস্ট এর ধাতুর বিল			
অংশ নং	নাম	সংখ্যা	ধাতু
১	বডি	১টি	ফোর্জিং
২	ওয়েজ	১টি	ফোর্জিং
৩	রিং	১টি	ফোর্জিং
৪	ব্লক	,,	ইস্পাত
৫	স্ক্রু	,,	ইস্পাত

চিত্র ৫.৩২ : একটি টুলপোস্ট-এর কার্যকরী (সংযোজিত ও বিযোজিত অবস্থায়) নকশা।

কার্যকরী নকশার উপাদানসমূহ (Elements of working drawing)

কার্যকরী নকশায় নিম্নবর্ণিত ছয়টি উপাদান থাকে, যেমন:

(অ) যন্ত্রাদির সংযোজিত অবস্থা,

(আ) যন্ত্রাংশের বিয়োজিত অবস্থা,

(ই) যন্ত্রাংশের নির্দিষ্ট পরিমাপ,

(ঈ) যন্ত্রাংশ গঠনের স্পেসিফিকেশন ও প্রতীক,

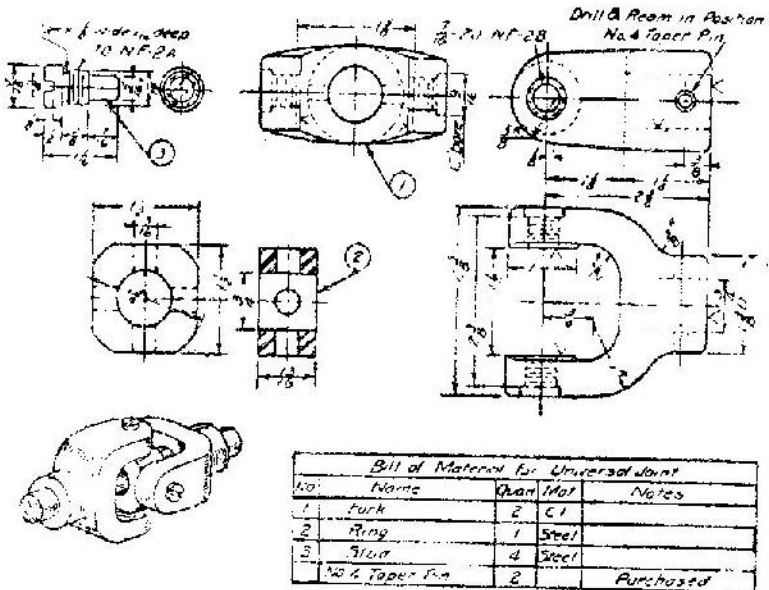
(উ) ভেতরের অংশাবলী দেখাতে কর্তিত অবস্থা,

(ঊ) যন্ত্রাংশের তালিকা ও বিল (Bill of materials),

তবে, সকল কার্যকরী নকশায় উপরিউক্ত সমুদয় উপাদান ক্ষেত্রবিশেষে নাও থাকতে পারে।

বিভিন্ন যন্ত্রাংশের কার্যকরী নকশা

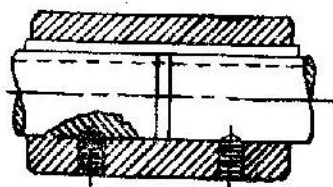
(ক) **ইউনিভার্সাল সংযোগ-এর (Universal joint) কার্যকরী নকশা :** যান্ত্রিক যন্ত্রাদির যান্ত্রিক শক্তি স্থানান্তর বা সরবরাহ করার কাজে শ্যাফটের অগ্রভাগে

Bill of Material for Universal Joint				
No	Name	Quan	Mat	Notes
1	Fork	2	C I	
2	Ring	1	Steel	
3	Stud	4	Steel	
	No 4 Taper Pin	2		Purchased

চিত্র ৫.৩৩ : একটি আধুনিক ইউনিভার্সাল সংযোগের (সংযোজিত ও বিয়োজিত অবস্থায়) কার্যকরী নকশা।

ইউনিভার্সাল সংযোগ ব্যবহৃত হয়। যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ যন্ত্রাদির কোন কোন শ্যাফটের এক প্রান্তে আবার কোনটিতে উভয় প্রান্তেই অর্থাৎ দুটি ইউনিভার্সাল সংযোগ ব্যবহৃত হয়।

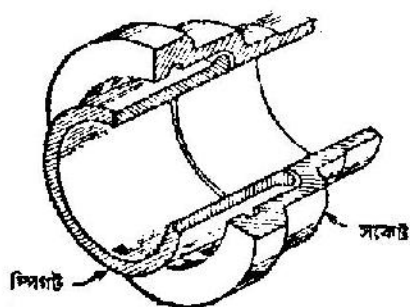
মোটরযানের ইঞ্জিন থেকে পিছন বা সামনের চাকাসমূহে যান্ত্রিক শক্তি সরবরাহ কাজের সুবিধার্থে প্রোপেলার শ্যাফটে তদ্রূপ এক অথবা দুটি ইউনিভার্সাল সংযোগ ব্যবহৃত হয়। ইহা ব্যবহারে ঘূর্ণায়মান শ্যাফটে উৎপন্ন মোচড়ানো টর্ক, বাঁকানো টর্ক, ঝাঁকুনিজনিত আঘাত প্রভৃতি এই ইউনিভার্সাল সংযোগ স্তিমিত করে এবং শ্যাফটকে বেঁকে বা ভেঙে যাবার হাত থেকে রক্ষা করে।

ইউনিভার্সাল সংযোগের আকৃতি বিভিন্ন রকম হতে পারে। ৫.১৩ চিত্রে একটি আধুনিক ইউনিভার্সাল সংযোগের সংযোজিত ও বিযোজিত অবস্থান ছবি ধাতুর বিলসহ কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে। উক্ত নকশা দেখে কোন দক্ষ কারিগর অথবা মেকানিক উক্ত যন্ত্রাংশ প্রস্তুত, মেরামত, পরিবর্তন, ক্রয়, রক্ষণাবেক্ষণ প্রভৃতি কার্য সম্পাদন করতে পারেন।

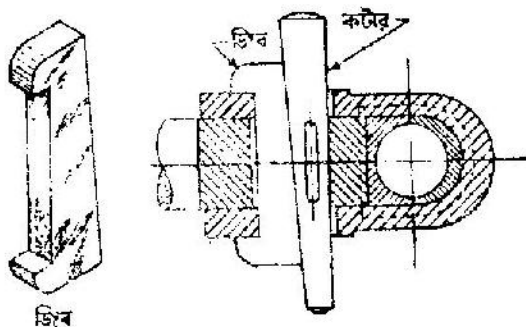
(খ) **কটার ও স্লিভ (Cotter and Sleeve) সংযোগ এর কার্যকরী নকশা** : এই ধরনের সংযোগ, কটারকে ইলিপস প্রকৃতির ছিদ্রের মধ্যে শ্যাফটের প্রান্তদ্বয়

চিত্র ৫.১৪ : কটার স্লিভ সংযোগের কার্যকরী নকশা।

সংযুক্ত করার সুবিধার্থে একটি স্লিভ ধারণ করে। কটার ছিদ্রের জন্য শ্যাফটের দুর্বলতার প্রতিক্রিয়া কাটানোর উদ্দেশ্যে শ্যাফটের প্রান্তকে ক্ষেত্রবিশেষে ১.২৫ গুণ বাড়ানো হয়। কটারের দুই প্রান্তে চাপ প্রয়োগ করে ভিতরের দিকে প্রবেশ করানো হয়, যাতে সংযোগ শক্তভাবে এঁটে থাকে। ৫.১৪ চিত্রে কটার ও স্লিভ সংযোগের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে।

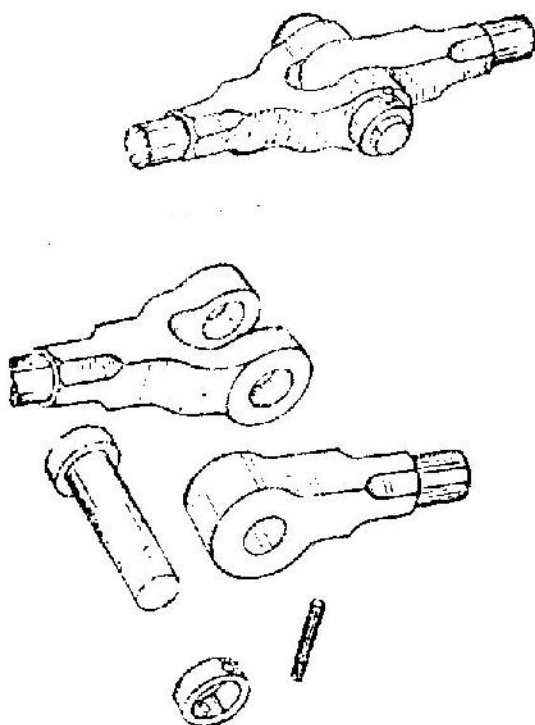
উক্ত নকশায় সংযোগটির পার্শ্ব-ও সম্মুখ-নকশা কর্তন করে দেখানো হয়েছে কিন্তু উহাতে যন্ত্রটির যন্ত্রাংশের বিল দেখানো হয় নি।

(গ) সকেট ও স্পাইগট (Socket and Spigot) **সংযোগ-এর কার্যকরী নকশা ঃ** এই সংযোগে একটি রডের এক প্রান্তকে সকেট আকৃতিতে রূপদান করা হয় এবং অপর প্রান্তকে নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রেখে ফোর্জিং এর মাধ্যমে কলারের সঙ্গে

চিত্র ৫.৩৫ : সকেট ও স্পাইগট সংযোগের কার্যকরী নকশা।

এঁটে দেয়া হয়। ৫.৩৫ চিত্রে সকেট ও স্পাইগট সংযোগের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে। ইহার উপরের নকশা অংশে আইসোমেট্রিক কর্তিত, সম্মুখ অর্ধ-কর্তিত ও ডান পার্শ্বের আংশিক কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে।

(ঘ) গিব ও কটার (Gib and Cotter) **সংযোগ-এর কার্যকরী নকশা ঃ** এই সংযোগের একটি প্রান্তকে ফর্ক এবং অপরটিকে বর্গাকৃতিতে প্রস্তুত করা হয়। সুতরাং গিব, কটার ও হাউজিং এই যন্ত্রাংশের দ্বারা গিব ও কটার সংযোগটি

চিত্র ৫.৩৬ : গিব ও কটার সংযোগের কার্যকরী নকশা।

প্রস্তুত হয়। ৫.৩৬ চিত্রে গিব ও কটার সংযোগের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে।

(ঙ) **নাকল সংযোগ (Knuckle joint)-এর কার্যকরী নকশা :** এই ধরনের সংযোগ একটি 'ফর্ক' ও একটি 'আইপীস' ইউনিট এমনভাবে ধারণ করে, যাতে সাধারণ ছিদ্রের মধ্য দিয়ে পিন প্রবেশ করতে পারে। নাকল সংযোগ গোলাকার

চিত্র ৫.৩৭ : নাকল সংযোগের কার্যকরী নকশা।

রডসমূহকে সংযোগ করতে বা জোড়া লাগাতে ব্যবহৃত হয়, যার অক্ষরেখাসমূহ (axes) একটি পয়েন্টে মিলিত হতে পারে। এই অবস্থা রডসমূহকে একটি অপরটির সঙ্গে সমতা বজায় রেখে স্বল্প কৌণিক দূরত্বে ঘুরতে সাহায্য করে। ৫.৩৭ চিত্রে একটি নাকল সংযোগের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে।

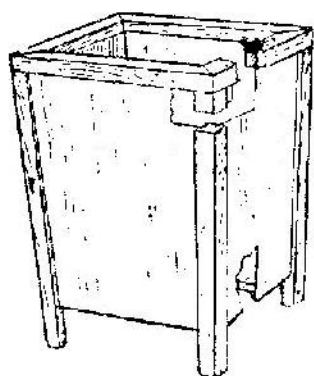
(চ) **পিচ্ছিল সংযোগ** (Slip joint)-**এর কার্যকরী নকশা :** পিচ্ছিল সংযোগের জন্য কার্যকরী শ্যাফটের দৈর্ঘ্য ছোট-বড় হতে পারে। এবং এজন্যই শ্যাফটসমূহ

চিত্র ৫.৩৮ : পিচ্ছিল সংযোগের কার্যকরী নকশা।

উক্ত সংযোগের কর্তৃত্বে বিভিন্ন রকম টর্কও ঝাঁকুনি উৎরাতে সক্ষম হয় ও শ্যাফটসমূহকে বেঁকে বা ভেঙ্গে যাবার হাত থেকে রক্ষা করে। ৫.৩৮ চিত্রে পিচ্ছিল সংযোগের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে।

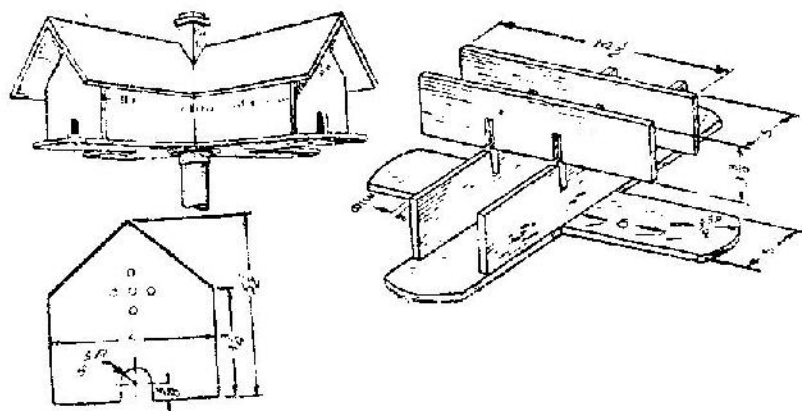
চিত্র ৫.৩৯ : একটি দ্বৈত ইংলিশ খাটের কার্যকরী নকশা।

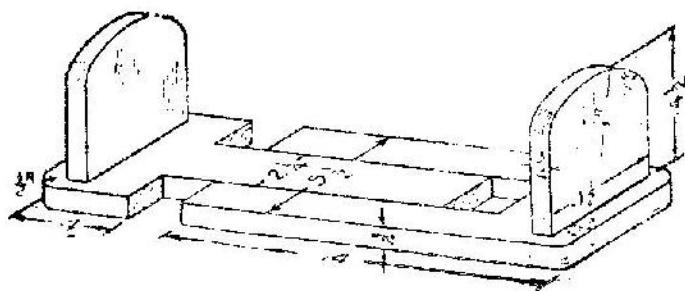
(ছ) **একটি দ্বৈত খাট-এর কার্যকরী নকশা :** একটি শোবার খাট প্রস্তুত করতে কি ধরনের পরিমাপ, কাঠের সংযোগ, কাঠের আকৃতি ও পরিমাণ প্রভৃতির প্রয়োজন হবে সেজন্য খাটের কার্যকরী নকশার প্রয়োজন হয়। সংযোজিত নকশায় উহার সংযোগগুলি ও বিশেষ খুচরাংশ দেখা না গেলে পরিষ্কারভাবে দেখানোর জন্য উহাদের কর্তিত ও বিযোজিত নকশা অঙ্কন করে দেখানো হয়। ৫.৩৯ চিত্রে একটি দ্বৈত শোবার খাটের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে। এই ধরনের খাটকে 'ইংলিশ নমুনার খাট' বলা হয়। এই ধরনের শোবার খাট দেখতে সাধারণ, দামে বেশ সস্তা ও টেকসই হয়।

(জ) **একটি বাজে কাগজের ঝুড়ির কার্যকরী নকশা :** অফিস, আদালত, হোস্টেল, আবাসিক ভবন প্রভৃতিতে বাজে কাগজ ও অন্যান্য পরিত্যক্ত দ্রব্য

চিত্র ৫.৪০ : একটি বাজে কাগজের ঝুড়ির কার্যকরী নকশা।

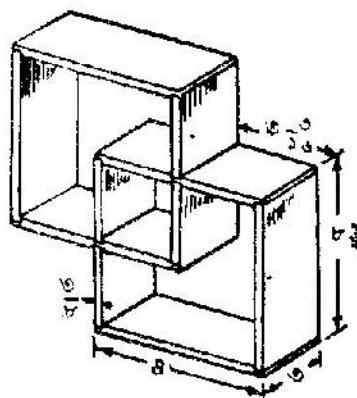
একত্র করে ফেলে দেয়া বা পুড়িয়ে ফেলার পূর্বে উক্ত দ্রব্যাদি সাধারণত বাজে কাগজের ঝুড়ির মধ্যে জমা রাখা হয়। ইহা দেখতে নিচের দিকে একটু চাপা এবং উপরের দিকে একটু প্রশস্ত থাকে। ৫.৪০ চিত্রে আংশিক কর্তিত চিত্রসহ একটি বাজে কাগজের ঝুড়ির কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে। কাজের অবস্থা বুঝে উহার আকৃতি কম-বেশি করা যেতে পারে।

(ঝ) **মার্টিন হাউস (Martin House)-এর কার্যকরী নকশা :** আমরা অনেকেই প্রয়োজনের খাতিরে অথবা সখ করে বাড়িতে কবুতর, হাঁস-মুরগী প্রভৃতি পুষে থাকি। যে ঘরের মধ্যে হাঁস-মুরগীকে আশ্রয় দানের জন্য আটক করে রাখা

হয়, উহাকেই মার্টিন হাউস বলে। ৫.৪১ চিত্রে একটি আধুনিক মার্টিন হাউসের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে। উহাতে মার্টিন হাউসটির সংযোজিত ও বিযোজিত নকশা, পার্শ্বদেশ এবং মোটামুটি পরিমাপ প্রভৃতি উল্লেখ করা হয়েছে।

চিত্র ৫.৪১: একটি মার্টিন হাউসের কার্যকরী নকশা।

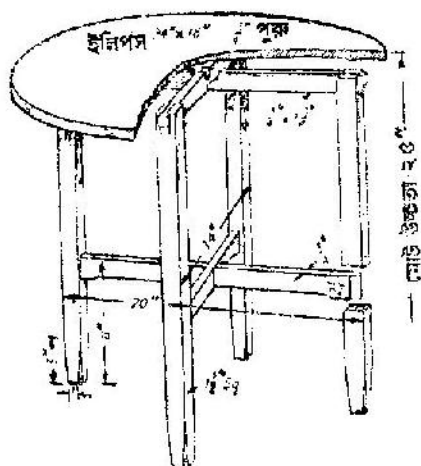
এই ঘরের মুখদুটো বন্ধ করার জন্য একপার্শ্বে দুটি কবজা দিয়ে একটি কাষ্ঠ-খণ্ড সংযুক্ত করা যেতে পারে এবং উহা বন্ধ করার জন্য অপরদিকে হুক ও তালাচাবি অথবা ছিটকিনি ব্যবহার করা যায়। মার্টিন হাউসকে মাটি থেকে কিছু উপরে স্থাপনের জন্য একটি লম্বা কাষ্ঠখণ্ডকে খাড়াভাবে স্থাপন করা হয়। এই ঘরে হাঁস-মুরগী রাখতে হলে উহাকে অপেক্ষাকৃত নিচুতে এবং কবুতর রাখতে হলে তুলনামুলকভাবে উঁচুতে স্থাপন করা হয়।

চিত্র ৫.৪২ : একটি সহিষ্ণকরণ বইয়ের র‍্যাকের কার্যকরী নকশা।

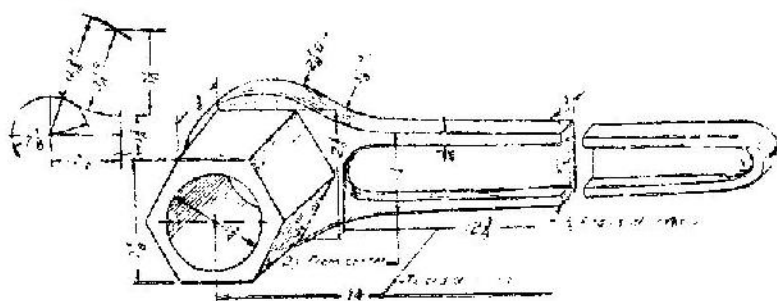
(ঞ) **একটি সঠিককরণ বইয়ের র‍্যাক-এর কার্যকরী নকশা :** কতকগুলি বইয়ের র‍্যাকে বই রাখার স্থান নির্দিষ্ট থাকে, আবার কোন-কোনটি এদিক-ওদিক নড়াচড়া করিয়ে স্থান ছোট-বড় করা যায়। ৫.৪২ চিত্রে একটি সঠিককরণ র‍্যাকের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে, যাতে বই রাখার স্থান ছোট-বড় করা যায়। এই বইয়ের র‍্যাকের অন্যান্য পরিমাপ ও আকৃতি দেখানোর জন্য উক্ত নকশার নিচের দিকে উহার বিযোজিত নকশাও দেখানো হয়েছে।

(ট) **একটি শ্যাডোবক্স-এর কার্যকরী নকশা :** শ্যাডোবক্স অনেকের ঘরেই শোভাবর্ধন করে থাকে। ইহা সাধারণত দুটি কাষ্ঠনির্মিত কাঠামোকে একটি অপরটির সঙ্গে গ্লু ও ব্র্যাড সংযোগের মাধ্যমে প্রস্তুত করা হয়। ইহা ঘরের

চিত্র ৫.৪৩ : একটি শ্যাডোবক্সের কার্যকরী নকশা।

ছোটখাটো বিশেষ তৈজসপত্র, সাধারণ ও ধর্মপুস্তক সযত্নে রেখে দেয়ার কাজে ব্যবহৃত হয়। শ্যাডোবক্সকে দেওয়ালের সঙ্গে ব্র্যাকেট দ্বারা ঝুলানো বা আটকানো হয়। ৫.৪৩ চিত্রে একটি শ্যাডোবক্সের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে। এই শ্যাডোবক্স নির্মাণের জন্য অনেক সময় হাফ-ল্যাপ (half lap) সংযোগও ব্যবহার করা হয়।

(ঠ) **একটি চায়ের টেবিলের কার্যকরী নকশা :** সম্ভ্রান্ত সমাজে চায়ের টেবিলের ব্যবহার সর্বাধিক। এই টেবিলের আকৃতি অনেক সময় সামন্তরিক কাঠামোর উপরে সামন্তরিক ছাউনি, বর্গকাঠামোর উপরে গোলাকার ছাউনি, আবার আড়াআড়ি কাঠামোর উপরে উপবৃত্ত আকৃতির ছাউনি আঁটা থাকে। ৫.৪৪ চিত্রে একটি

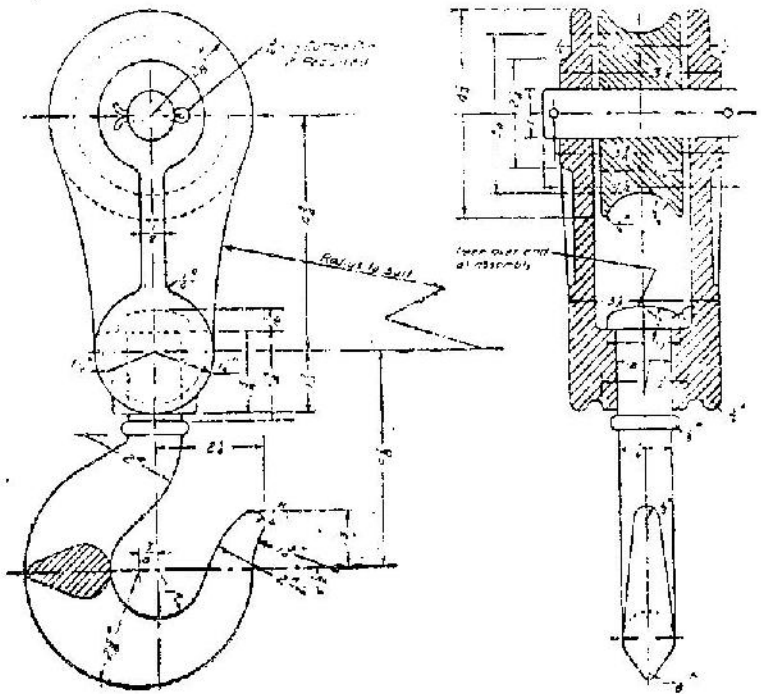
আড়াআড়ি কাঠামোর উপর উপবৃত্ত বা ইলিপস্ আকৃতির ছাউনিবিশিষ্ট চায়ের টেবিলের কার্যকরী নকশা দেখানো হয়েছে। উক্ত চিত্রে টেবিলের কাঠামোর সংযোগ, কাঠের পরিমাপ, টেবিলের ছাউনির পুরুত্ব প্রভৃতি কর্তিত নকশার মাধ্যমে চিহ্নিত করা হয়েছে।

চিত্র ৫.৪৪ : আড়াআড়ি কাঠামোর ওপর উপবৃত্ত আকৃতির ছাউনিবিশিষ্ট চায়ের টেবিলের কার্যকরী নকশা।

(ড) প্লাগ রেঞ্চ-এর কার্যকরী নকশা : একটি প্লাগ রেঞ্চ প্রস্তুত করতে উহার প্রত্যেকটি অংশের পরিমাপ দেখানোর প্রয়োজন হয়। কারণ উক্ত রেঞ্চের হাতল

চিত্র ৫.৪৫ : একটি প্লাগ রেঞ্চের কার্যকরী নকশা।

এবং কার্যকরী দিকের উভয় পার্শ্বেই একাধিক বক্ররেখা বিদ্যমান। তাই, ৫.৪২ চিত্রে একটি প্লাগ রেঞ্চের প্রত্যেকটি অংশের পরিমাপসহ কার্যকরী নকশা দেখানো হলো। উহার হাতলের চেপ্টা ও শিরদাঁড়ার অংশ দেখানোর জন্য সেই অংশে কর্তন করা হয়েছে। যে সকল বোল্টের মাথায় ষড়ভুজাকৃতির খাঁজ কাটা থাকে, সেই সকল বোল্টকে নাট থেকে খোলা অথবা উহার সঙ্গে সংযুক্ত করার কাজে প্লাগ রেঞ্চ ব্যবহার করা হয়।

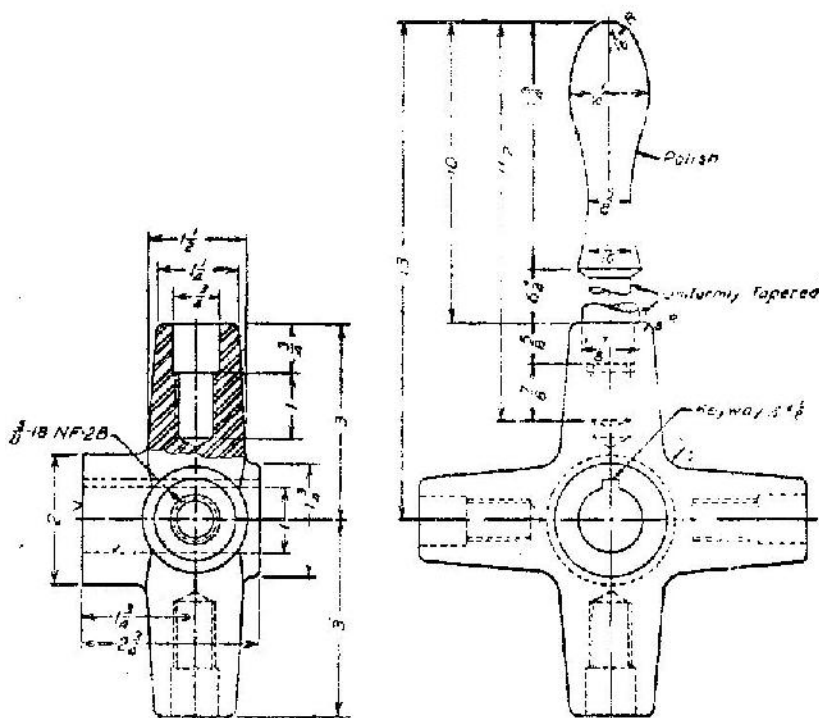
প্লাগ রেঞ্চের এই নকশাতেই উহার সকল পরিমাপ দেখানো হয়েছে, তাই উহার অন্যান্য নকশা বা ভিউ এঁকে পরিমাপ প্রদর্শন করার কোন দরকার হয় না।

বিস্তারিত বা ডিটেইল নকশা

যে নকশাসমূহের সাহায্যে কোন যন্ত্রাংশের পার্শ্বদেশ ও সম্মুখ নকশাকে কর্তন ও পরিমাপ সহকারে দেখানো হয়, উহাকে যন্ত্রাংশের বিস্তারিত নকশা বলা হয়

চিত্র ৫.৪৩ : একটি ক্রেনহুকের বিস্তারিত নকশা।

৫.৪৬ চিত্রে একটি ক্রেনহুকের আংশিক কর্তনসহ পার্শ্বদেশ এবং প্রায় পূর্ণ কর্তনসহ সম্মুখ নকশা দেখানো হয়েছে। অধিকাংশ নকশা বা অঙ্কনে উহার সম্মুখ নকশার বামদিকে অর্থাৎ শিল্পীর হাতের ডানদিকে পার্শ্বদেশের বা পার্শ্ব-নকশা স্থাপন করা হয়। এখানে সুচারুরূপে ক্রেনহুকের যন্ত্রাংশের পরিমাপ ও আকৃতি প্রদর্শনের প্রয়োজনে সম্মুখ নকশাটির স্থলে পার্শ্বদেশ এবং পার্শ্ব-নকশার স্থলে সম্মুখ নকশা স্থাপন করা হয়েছে।

পাইলট হাব (Pilot hub)-এর বিস্তারিত নকশা

অধিকাংশ বিস্তার নকশায় মূল বস্তুর প্রত্যেকটি অংশকে চোখের সামনে প্রদর্শনের চেষ্টা করা হয়, যাতে যন্ত্রাংশের প্রত্যেকটি পরিমাপও লিপিবদ্ধ থাকে। আবার কোন কোন বিস্তারিত নকশায় বিশেষ বিশেষ পরিমাপ উল্লেখ থাকে। ৫.৪৭

চিত্র ৫.৪৭ : একটি পাইলট হাবের বিস্তারিত নকশা।

চিত্রে একটি পাইলট হাবের বিস্তার নকশা দেখানো হয়েছে। উহাতে অধিকাংশ যন্ত্রাংশের পরিমাপ এবং উহার আংশিক ছেদন বা কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে। এখানে আংশিক কর্তনের উদ্দেশ্য হলো, প্রস্তুতকৃত ধাতুর প্রতীক দেখানো। বস্তুটি যে ইস্পাতের তৈরি, তা উক্ত নকশার প্রতীকে লক্ষণীয়।

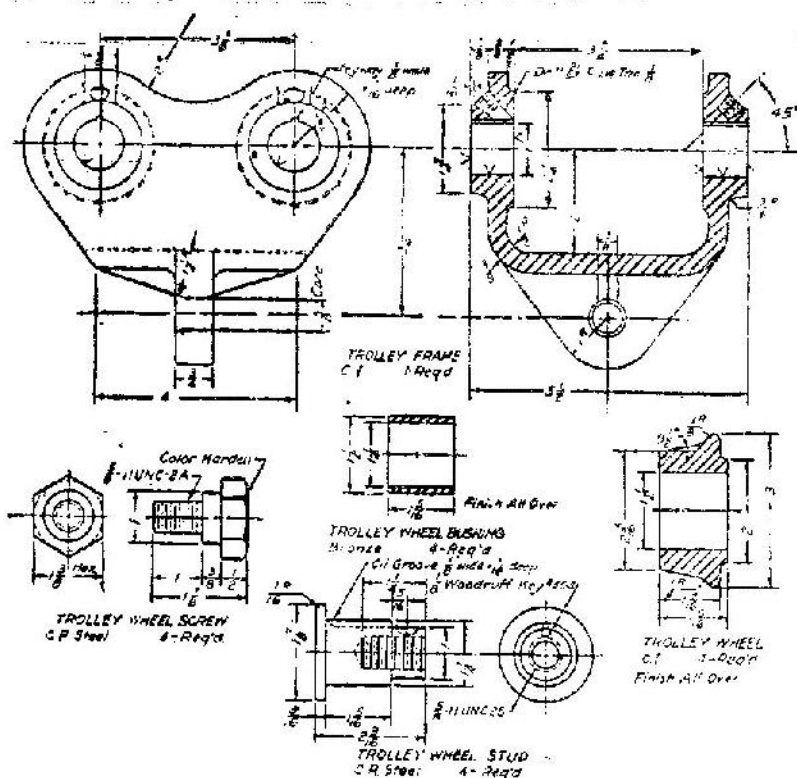
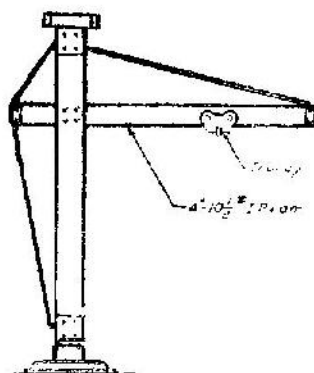
পাইলট হাবে চারটি হাব রয়েছে, যার প্রত্যেক পার্শ্বেই উহার হাতল ও যন্ত্রাংশ সংযোজনের সুযোগ রয়েছে। যন্ত্রাংশের পরিমাপ দেখানো ও জায়গা সংকুলানের সুবিধার্থে উক্ত চিত্রের বামপার্শ্বে দুটি হাব আংশিকভাবে দেখানো হয়েছে।

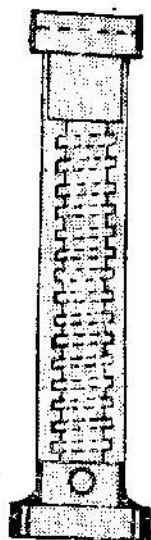
সংযোজিত নকশা (Assembling Drawing)

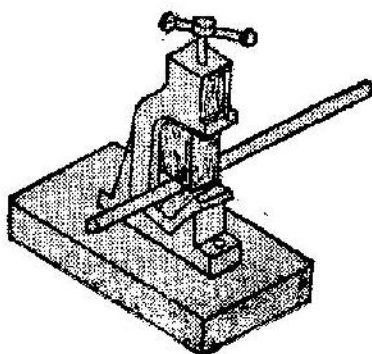
কোন যন্ত্রের সংযোজিত নকশা আঁকতে হলে প্রথমতঃ উক্ত যন্ত্রটির পরিমাপ মোতাবেক অধিকাংশ যন্ত্রাংশের বিযোজিত নকশা অঙ্কন করতে হয়। আবার বিযোজিত নকশার কোন কোন যন্ত্রাংশকে কর্তন করেও কর্তিত নকশার মাধ্যমে দেখানো হয়। অতঃপর যন্ত্রটির সকল যন্ত্রাংশের তালিকা প্রদর্শন করে উহার প্রয়োজনীয় মেরামত কাজের জন্য ধাতুসহ পরিবর্তনকৃত যন্ত্রাংশ ক্রমের সংখ্যা উল্লেখ করা হয়।

৫.৪৮ চিত্রে একটি জিব ক্রেনট্রলীর বিযোজিত ও সংযোজিত নকশা দেখানো হয়েছে। কোন যন্ত্র মেরামত, রক্ষণাবেক্ষণ, প্রস্তুত, সংযোজন ও বিযোজন কাজের জন্য এই ধরনের নকশা ব্যবহার করা হয়। সকল সংযোজিত অথবা বিযোজিত নকশায় যন্ত্রাদির বিলের তালিকা থাকে না। এই চিত্রের একপাশে জিব ক্রেন-ট্রলীর যন্ত্রাংশ মেরামত বা প্রস্তুতের বিল তালিকাও দেখানো হয়েছে। তাই, ক্ষেত্রবিশেষে এই ধরনের চিত্র বা নকশাকে আমরা কার্যকরী নকশা বলেও আখ্যায়িত করতে পারি।

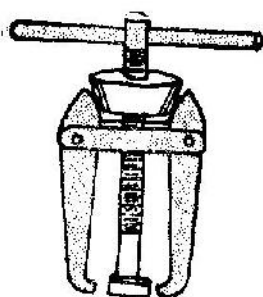
বিভিন্ন যন্ত্রাংশের সংযোজিত নকশা

(ক) **স্ক্রু-জ্যাক-এর সংযোজিত নকশা :** কোন একটি যন্ত্রের সংযোজিত নকশা অঙ্কন করতে উহার প্রত্যেকটি যন্ত্রাংশের পরিমাপসহ বিযোজিত নকশা অঙ্কনের প্রয়োজন হয়। ভারী যন্ত্রাদিকে আংশিক উঁচু করতে সাধারণত এই ধরনের স্ক্রু-জ্যাক ব্যবহৃত হয়, যার উত্তোলন বা বোঝা বহনের ক্ষমতা ৩ থেকে ৭ টন হয়ে থাকে। স্ক্রু-জ্যাককে উঠানামা করানোর কাজে হস্তচালিত লিবার বা 'টমিবার' ব্যবহার করা হয়। ফলে, এই ধরনের জ্যাককে যান্ত্রিক জ্যাক বলা হয়। ৫.৪৯

BILL OF MATERIAL FOR JIB CRANE TROLLEY			
NAME	Quan	Mark	NOTES
Trolley Frame	1	C.I.	
Trolley Wheel	4	C.I.	
Trolley Wheel Bushing	4	Bro	
Trolley Wheel Stud	4	CRS	
Trolley Wheel Screw	4	CRS	
$\frac{1}{8}$ Woodruff Key No.	4		Purchased
[illegible] Std Alemite Oiler	4		Purchased
[illegible] Lock Washer	4		[illegible]

চিত্র ৫.৪৮ : একটি জিব ক্রেনট্রলীর সংযোজন নকশা।

চিত্রে একটি স্ক্রু জ্যাকের বিযোজিত নকশা এবং তা থেকে উহার সংযোজিত নকশা অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৫.৪৯ : একটি স্ক্রু-জ্যাকের সংযোজিত নকশা।

সাধারণত মোটরযানের চাকা মেরামত কাজের জন্য এই ধরনের জ্যাকের ব্যবহার সর্বাধিক। লিভারকে বামদিকে ঘুরালে জ্যাকের উত্তোলক মাথা উপরের দিকে উঠে এবং ডানদিকে ঘুরালে নিচের দিকে নেমে যথাক্রমে যন্ত্রাদিকে নির্দিষ্ট উচ্চতায় উত্তোলন করে অথবা নিচের দিকে নামায়।

চিত্র ৫.৫০ : একটি V-ব্লক ক্ল্যাম্পের সংযোজিত নকশা।

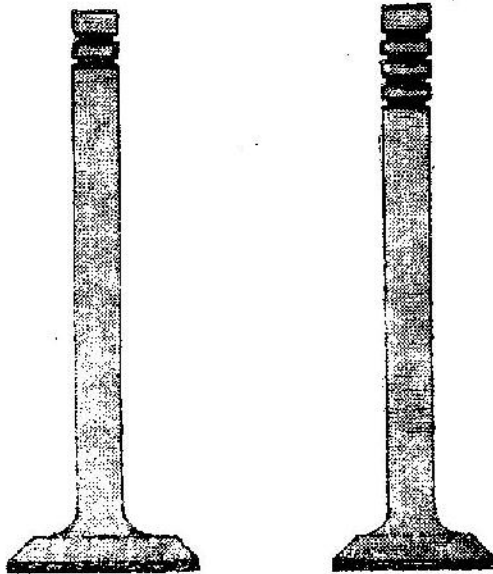
(খ) V-ব্লক ক্ল্যাম্প-এর সংযোজিত নকশা : V-ব্লকের সঙ্গে কোন যন্ত্রাংশকে আঁকড়ে বা আটকে ধরার জন্য যে ক্ল্যাম্প ব্যবহার করা হয়। উহাকেই V-ব্লক ক্ল্যাম্প বলা হয়। উহার সংযোজিত নকশা আঁকতে হলে V-ব্লকের প্ল্যান, সম্মুখ-নকশা, পার্শ্ব-নকশা প্রভৃতি আঁকার প্রয়োজন হয়। ৫.৫০ চিত্রে একটি V-ব্লক এবং উহার সাথে একটি গোলাকার দ্রব্য আটকে ধরা অবস্থায় V-ব্লক ক্ল্যাম্পের সংযোজিত নকশা দেখানো হয়েছে।

(গ) গিয়ার পুলার-এর সংযোজিত নকশা : কোন শ্যাফট থেকে গিয়ারকে বিচ্ছিন্ন করার জন্য গিয়ার পুলার ব্যবহার করা হয়। ইহা লিভার আর্ম, হস্তচালিত

চিত্র ৫.৫১ : গিয়ারের পুলারের সংযোজিত নকশা।

লিভার, পুলার শ্যাফট, নাট ও বোল্ট প্রভৃতির সমন্বয়ে গঠিত হয়। ৫.৫১ চিত্রে একটি গিয়ার পুলারের বিযোজিত নকশা (বাম পার্শ্বে) এবং সংযোজিত নকশা (ডান পার্শ্বে) দেখানো হয়েছে।

বিভিন্ন প্রকার ভাল্‌ভ

কোন পাইপ লাইন দিয়ে জ্বালানি, গ্যাস, বাষ্প, পানি, বায়ু প্রভৃতি পরিমিত ও নিয়মিতভাবে সরবরাহের নিমিত্তে যে সকল নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র ব্যবহার করা হয়, উহাকেই ভাল্‌ভ বলে। কোন কোন ভাল্‌ভ আপনা-আপনি বা স্বয়ংক্রিয় উপায়ে নিয়ন্ত্রিত বা পরিচালিত হয়। আবার কোন কোন ভাল্‌ভ হস্তচালিত বা যান্ত্রিক উপায়ে পরিচালিত হয়। নিম্নে বিভিন্ন প্রকার ভাল্‌ভ সম্বন্ধে চিত্রসহ বর্ণনা করা হয়েছে।

১। **ইঞ্জিনের ভাল্‌ভসমূহ ঃ** ইঞ্জিনে সরবরাহকৃত বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণ অথবা বাতাস এবং বিতাড়িত পোড়া গ্যাসের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণ করার জন্য সাধারণত দুই রকম ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়, যেমন :

চিত্র ৫.৫২ : ইঞ্জিনের গ্রহণ ও নির্গমন ভাল্‌ভের সম্মুখ নকশা।

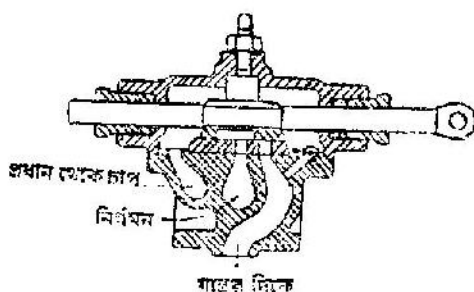
(ক) গ্রহণ ভাল্‌ভ (Intake valve), এবং
(খ) নির্গমন ভাল্‌ভ (Exhaust valve)।

ইঞ্জিনের গ্রহণ স্ট্রোকের শুরুতে গ্রহণ ভাল্‌ভ খুলে যায়, ফলে তখন পেট্রোল ইঞ্জিনের সিলিণ্ডারের মধ্যে বাতাস ও জ্বালানির মিশ্রণ প্রবেশ করে। ডিজেল ইঞ্জিনের গ্রহণ স্ট্রোকে গ্রহণ ভাল্‌ভ খুলে গেলে ইঞ্জিনের সিলিণ্ডারে শুধু পরিষ্কার বাতাস প্রবেশ করে। ইঞ্জিনের সঙ্কোচন ও পাওয়ার স্ট্রোকে গ্রহণ ও নির্গমন উভয় ভাল্‌ভই বন্ধ থাকে এবং নির্গমন স্ট্রোকের সময় নির্গমন ভাল্‌ভ খুলে গেলে ইঞ্জিনের সিলিণ্ডারে দগ্ধ গ্যাস ইঞ্জিন থেকে বের হয়ে যায়। ৫.৫২ চিত্রে ইঞ্জিনের গ্রহণ ও নির্গমন ভাল্‌ভের সম্মুখ-নকশা দেখানো হয়েছে। ইঞ্জিন চলার সুবিধার্থে গ্রহণ ভাল্‌ভ, নির্গমন ভাল্‌ভ অপেক্ষা সকল দিকেই বড় থাকে।

২। **হাইড্রলিক ভাল্‌ভসমূহ :** পানি, বাষ্প, বাতাস অথবা যে কোন ধরনের তরল, বায়বীয় বা আধাতরল পদার্থের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের জন্য বিভিন্ন প্রকার হাইড্রলিক ভাল্‌ভ ব্যবহার করা হয়। এই ভাল্‌ভগুলিকে চার ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন :

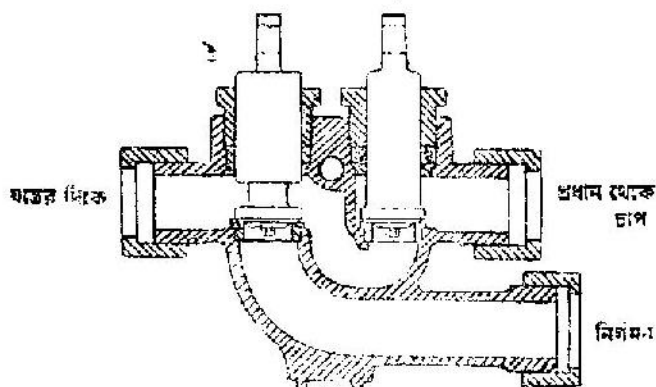
(ক) স্লাইড ভালভ,
(খ) মিটার ভাল্‌ভ,
(গ) স্টপ ভাল্‌ভ, এবং
(ঘ) রিলিফ বা নিরাপদ ভাল্‌ভ।

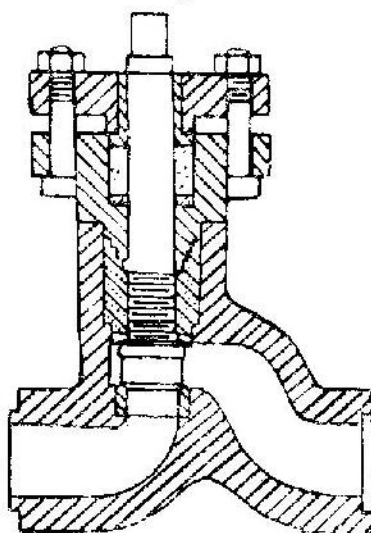
এই ভালভগুলি সম্বন্ধে নিম্নে চিত্রসহ বর্ণনা করা হয়েছে।

(ক) **স্লাইড ভাল্‌ভ :** হাইড্রলিক যন্ত্রাদিতে স্লাইড ভাল্‌ভ জনপ্রিয়তার সাথে ব্যবহৃত হয়। বাষ্প-ইঞ্জিনে বাষ্পের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের জন্য D-আকৃতির স্লাইড ভাল্‌ভ ব্যবহারেও প্রচলন রয়েছে। যে সকল পাইপ লাইনে পানি বা বাষ্পের চাপ প্রতি বর্গইঞ্চিতে ১,০০০ পাউণ্ড পর্যন্ত বিদ্যমান, সে সকল ক্ষেত্রে D-আকৃতির বা নিম্নচাপের স্লাইড ভাল্‌ভ ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ৫.৫৩ : উচ্চ ও নিম্ন চাপের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের স্লাইড ভাল্‌ভ।

আবার প্রতিবর্গ ইঞ্চিতে ১,০০০ পাউণ্ড এর উপর চাপের ক্ষেত্রসমূহে পিস্টন প্রকৃতির বা উচ্চচাপের স্লাইড ভালভ ব্যবহৃত হয়। ৫.৫৩ চিত্রে উচ্চ ও নিম্নচাপের প্রবাহ নিয়ন্ত্রণের স্লাইড ভাল্‌ভ দেখানো হয়েছে।

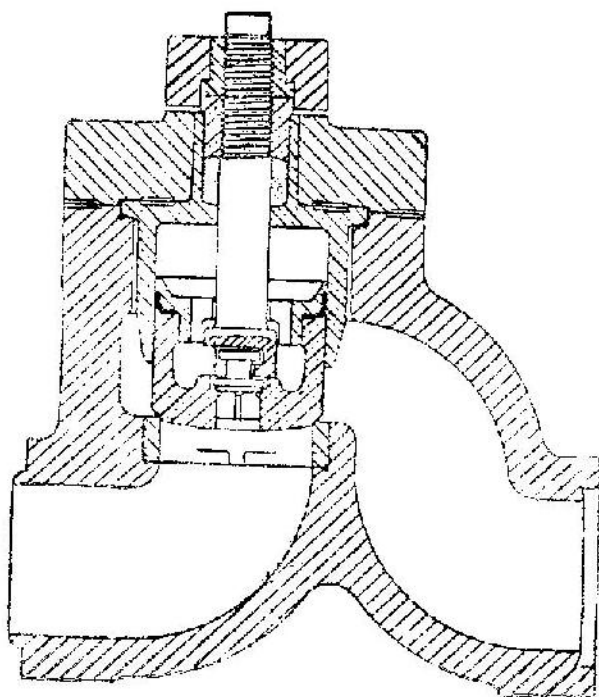
(খ) **মিটার ভাল্‌ভ :** এই ধরনের ভাল্‌ভকে সাধারণত হাইড্রলিক ক্রেনে ব্যবহার করা হয়। যেখানে হাইড্রলিক পদার্থ-প্রবাহের চাপ হঠাৎ কম থেকে বেশি, আবার বেশি থেকে কমের দরকার, সে স্থলে খাড়া স্পিণ্ডলবিশিষ্ট মিটার ভাল্‌ভ

ব্যবহৃত হয়। এই ভাল্‌ভ পরিচালনা করা বেশ সহজ। একটি লিভারের সাহায্যে এই ভাল্‌ভ খোলা অথবা বন্ধ করা হয়। হাইড্রলিক বা তরল পদার্থ সরবরাহের

চিত্র ৫.৫৪ একটি মিটার ভাল্‌ভের কর্তিত নকশা।

চাহিদা কম বা বেশি হলে লিভার যথাক্রমে ভাল্‌ভকে টেনে আংশিক বা সম্পূর্ণ খোলা অবস্থায় রাখে এবং এভাবেই মিটার ভাল্‌ভ কাজ করে। ৫.৫৪ চিত্রে একটি মিটার ভাল্‌ভের কর্তিত সম্মুখ-নকশা দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৫.৫৫ : অসমতল স্টপ ভাল্‌ভের কর্তিত নকশা।

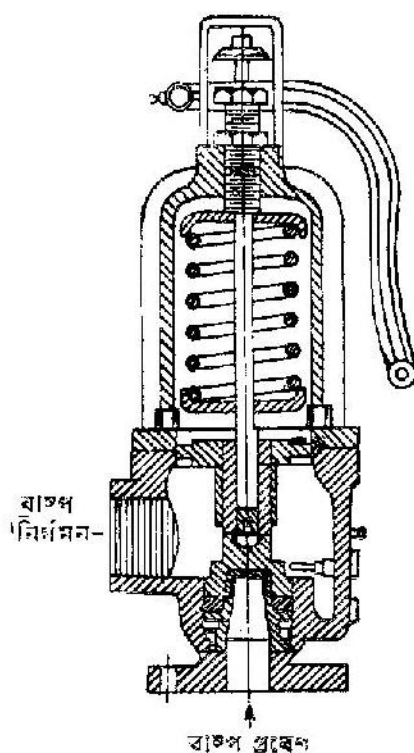
(গ) **স্টপ ভাল্ভ :** এই ধরনের ভাল্ভ সাধারণত পানির বা কোন তরল পদার্থের প্রধান সরবরাহ লাইনে ব্যবহার করা হয়। তরল পদার্থের লাইনে সরবরাহ কাজ চালু অথবা বন্ধ বা আংশিক বন্ধ করার কাজে স্টপ ভাল্ভ ব্যবহৃত হয়। মিটার ভাল্ভের মতই ইহাতে একটি স্পিণ্ডল থাকে। এই ভাল্ভ সঠিক পরিমাপ মোতাবেক খোলা ও বন্ধ করার সুবিধার্থে ইহার স্পিন্ডলে দাগ কাটা থাকে। মিটার ভাল্ভের মত ইহাতেও ভাল্ভের সিট বা আসন থাকে এবং তরল পদার্থের কম-বেশি চাহিদার অনুসারে সরবরাহ বন্ধ, খোলা, আংশিক বন্ধ বা সম্পূর্ণ খোলা অবস্থায় রাখা যায়। তবে, পার্থক্য হলো, মিটার ভাল্ভে স্পিন্ডল দুটো এবং স্টপ ভাল্ভে স্পিন্ডল একটি থাকে। হস্তচালিত চক্রের সাহায্যে ইহার স্পিন্ডলকে এদিক-ওদিক ঘুরিয়ে তরল পদার্থ সরবরাহের মাত্রা নিয়ন্ত্রণ করা হয়। নিয়ন্ত্রণের প্রকৃতিভেদে স্টপ ভাল্ভকে সাধারণত দু'ভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন :

(অ) অসমতা স্টপ ভাল্ভ, এবং

(আ) দ্বৈতসমতা স্টপ ভাল্ভ।

চিত্র ৫.৫৬ : দ্বৈতসমতা স্টপ ভাল্ভের কর্তিত নকশা।

৫.৫৫ চিত্রে অসমতা স্টপ ভাল্‌ভের কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে। এই ভাল্‌ভে একটি পথ দিয়ে পানি বা তরল পদার্থ প্রবেশ করে এবং অন্য পথ দিয়ে বেরিয়ে যায়।

৫.৫৬ চিত্রে দ্বৈতসমতা স্টপ ভালভের কর্তিত নকশা দেখানো হয়েছে। এই ভাল্‌ভের দুটি পথ দিয়ে তরল পদার্থ প্রবেশ করে এবং একটি পথ দিয়ে বেরিয়ে যায়।

(ধ) **নিরাময় ভাল্‌ভ:** ইহাকে এক ধরনের রিলিফ ভাল্‌ভ বলা হয়। নিরাময় ভাল্‌ভ বাষ্প, পানি, তেল, বাতাস, বয়লার প্রভৃতির লাইনে ব্যবহার করা হয়। এই ধরনের ভাল্‌ভ স্বাভাবিক অবস্থায় সর্বদা বন্ধ অবস্থায় থাকে এবং বিশেষ অবস্থায়, যখন বাষ্প, পানি, বাতাস, তেল প্রভৃতির চাপ হঠাৎ করে পরিমাণের

চিত্র ৫.৫৭ : পানির নলবিশিষ্ট বয়লারে ব্যবহৃত নিরাময় ভাল্‌ভ।

তুলনায় বেশি হয়ে যন্ত্রাদি ও পাইপ লাইনকে ধ্বংসের মুখোমুখি নিয়ে যেতে চায়, তার পূর্বে এই ভাল্‌ভ আপনা-আপনি খুলে যায় এবং লাইনকে রক্ষা করে। যখন লাইন দিয়ে কিছু পদার্থ বের হয়ে গিয়ে স্বাভাবিক চাপমাত্রায় ফিরে আসে, তখন এই ভাল্‌ভ আবার আপনা-আপনি বন্ধ হয়ে যায়।

ইহা হাইড্রলিক একুমুলেটরের পাওয়ার লাইনে অর্থাৎ র‍্যামকে ঠিকমত উঠানামা করানোর কাজে পানির চাপ নিয়ন্ত্রণ করে। যখন র‍্যামকে উঠানোর জন্য লাইনে অযাচিত বেশি পানির চাপের আগমন ঘটে, তখন এই ভাল্‌ভ আপনা-আপনি খুলে গিয়ে বাড়তি চাপের পানি আধারে ফেরত দিয়ে চাপের সমতা বিধান করে।

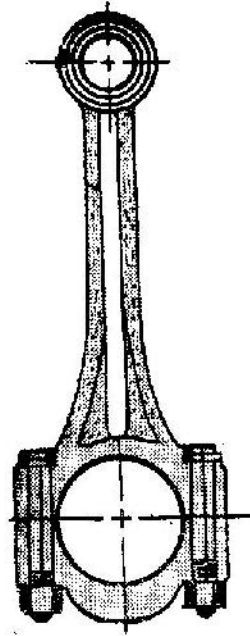
আবার বয়লারে যখন বাষ্পচাপ বেশি হয়ে যায়, তখন এই ভাল্‌ভ খুলে যায় এবং কিছু বাষ্প বের করে দিয়ে বয়লারকে ফাটল ধরা বা ধ্বংসের হাত থেকে রক্ষা করে। এই ধরনের ভাল্‌ভকেও অনেক সময় হস্তচালিত যন্ত্র দ্বারা পরিচালনা করা হয়। গঠন প্রণালীর পার্থক্যভেদে এই ভাল্‌ভকে দুভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন:

(অ) বোঝা আরোপিত নিরাময় ভাল্‌ভ, এবং
(আ) স্প্রিং আরোপিত নিরাময় ভাল্‌ভ।

সাধারণ কার্যক্ষেত্রে বোঝা আরোপিত নিরাময় ভাল্‌ভ ব্যবহারের প্রচলন সর্বাধিক। অধিক চাপবিশিষ্ট স্থানে স্প্রিং আরোপিত নিরাময় ভাল্‌ভের ব্যবহার অধিক। বয়লার প্রকোষ্ঠে জমাকৃত অতিরিক্ত বাষ্পচাপ ছেড়ে দিয়ে উহার বাষ্পচাপের সমতাবিধান করার জন্য বয়লার ড্রাম বা প্রকোষ্ঠের উপরের দিকে নিরাপত্তামূলক বা নিরাময় ভাল্‌ভ ব্যবহার করা হয়। ৫.৫৭ চিত্রে পানির নলবিশিষ্ট বয়লারে (water tube boiler) নিরাময় ভাল্‌ভের ব্যবহার ও সংযোগ দেখানো হয়েছে।

কানেকটিং রড

ইহা অন্তর্দাহ ও বহির্দাহ ইঞ্জিনে ব্যবহৃত এমন এক প্রকার সংযোগকারী যন্ত্রাংশ, যা পিস্টন ও ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের মধ্যে সংযোগ রচনা করে থাকে। ৫.৫৮ চিত্র অনুযায়ী ইহার উপরের প্রান্ত, নিচের প্রান্ত অপেক্ষা বড়। ইহার ছোট প্রান্তের বিয়ারিং, পিস্টন পিন বা গাজন পিন-এর সমন্বয়ে পিস্টনের সঙ্গে এবং বড় প্রান্তের বিয়ারিং দ্বিধাবিভক্ত থাকে, যা ক্র্যাঙ্কশ্যাফটের ক্র্যাঙ্ক জার্নালের সাথে নাট ও বোল্ট দ্বারা সংযুক্ত থাকে।

কানেকটিং রড প্রস্তুত করতে ক্রোম ইস্পাত, কপার লেড, ক্যাডমিয়াম সিলভার প্রভৃতি ধাতু; বিয়ারিং-এর পিছনের প্লেট প্রস্তুত করতে ইস্পাত ধাতু এবং বিয়ারিং প্রস্তুতের ধাতু হিসাবে বেবিট মেটাল, কপার, গানমেটাল প্রভৃতি ব্যবহৃত হয়।

চিত্র ৫.৫৮ : ইঞ্জিনে ব্যবহৃত কানেকটিং রড-এর সম্মুখ নকশা।

প্রশ্নমালা

১। (ক) গিয়ারের মূলনীতি বলতে কি বুঝ?
(খ) উহা সাধারণত কত প্রকার ও কি কি?
(গ) গিয়ারের গঠন কেমন, অঙ্কন করে দেখাও।

২। (ক) একটি স্পার ও একটি কৌণিক খাঁজবিশিষ্ট (Helical) গিয়ার-এর চিত্র অঙ্কন কর।
(খ) সাধারণ প্ল্যানেটারী গিয়ার কি কাজে ব্যবহৃত হয়?
(গ) বেভেল ও ওয়ার্ম গিয়ার-এর মধ্যে পার্থক্য কি?

৩। (ক) চিত্রসহ র‍্যাক ও পিনিয়ন-এর কার্যপ্রণালী সংক্ষেপে বর্ণনা কর।
(খ) ঘর্ষণ চক্র (Friction wheel) বলতে কি বুঝ?
(গ) গিয়ারের অনুপাত (gear ratio) কি এবং কেন ব্যবহার করা হয়?

৪। টীকা লিখ :

(ক) পুলি ও ফ্লেঞ্জ (pulley and flange)

(খ) বেল্ট ও পুলি (belt and pulley)

(গ) গিয়ার ও চেইন (gear and chain)

(ঘ) গিয়ারের নোমেনক্লেচার (nomenclature of gears)

৫। (ক) স্পার গিয়ার অঙ্কন করতে ইনভলিউট রেখার প্রয়োজন কি ?

(খ) চিত্রে ইনভলিউট রেখার প্রয়োগ দেখাও।

(গ) গিয়ারের ডি. পি (D.P), সি. পি (C.P), ও. ডি (O.D) এবং পি.ডি (P.D) বলতে কি বুঝ ?

৬। (ক) বৈদ্যুতিক বর্তনী বলতে কি বুঝ ?

(খ) ইহা সাধারণত কত প্রকার ও কি কি ? চিত্রসহ বর্ণনা কর।

(গ) বৈদ্যুতিক বেল-এর বর্তনী নকশা অঙ্কন করে দেখাও।

৭। (ক) বৈদ্যুতিক বেল ও বাযারের যৌথ নকশা অঙ্কন কর।

(খ) অ্যামিটার ও ভোল্টমিটার-এর সংযোগ নকশা অঙ্কন কর।

(গ) একটি দালানের বৈদ্যুতিক লে-আউট (Electrical layouts for buildings) বলতে কি বুঝ ?

৮। (ক) কার্যকরী নকশা কি ?

(খ) ইহার উপাদানগুলির নাম উল্লেখ কর।

(গ) একটি আধুনিক ইউনিভার্সাল সংযোগ (universal joint)-এর কার্যকরী নকশা অঙ্কন কর।

৯। (ক) বিস্তার নকশা (detail drawing) বলতে কি বুঝ ?

(খ) একটি ক্রেনহুক (Crane hook)-এর বিস্তার নকশা অঙ্কন করে দেখাও।

১০। (ক) সংযোজিত নকশা (Assembing drawing) বলতে কি বুঝ ?

(খ) একটি জিবক্রেন ট্রলী (Jib crane trolley)-এর সংযোজিত নকশা অঙ্কন কর।

১১। (ক) ইঞ্জিনে ভাল্‌ভের (valves) কাজ কি ?

(খ) ইহা সাধারণত কত প্রকার ও কি কি ? চিত্রসহ দেখাও।

(গ) একটি স্টপভাল্‌ভের উপরের অংশ অঙ্কন করে দেখাও।

১২। টীকা লিখ :

(ক) স্লাইড ভাল্‌ভ (slide valve),

(খ) নিরাময় ভালভ (safety valve),

(গ) কানেকটিং রড (connecting rod)।

ষষ্ঠ অধ্যায়

প্ল্যান্ট নকশা ট্রেসিং ও প্রিন্টিং

প্ল্যান্ট নকশা

'প্ল্যান্ট' কথাটি পাওয়ার প্ল্যান্ট শব্দ থেকে উদ্ভূত। পাওয়ার প্ল্যান্ট বলতে বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্র বুঝায়। আবার ব্যাপকভাবে বলতে গেলে যে সকল কারখানা ও শিল্প প্রতিষ্ঠান বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপাদন ও ব্যবহার করে, সে সকল প্রতিষ্ঠানকেও প্ল্যান্ট নামে আখ্যায়িত করা হয়; যেমন চট্টগ্রামে জেনারেল ম্যানুফ্যাকচারিং প্ল্যান্ট, যা বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপাদন ও নিয়ন্ত্রণ যন্ত্রাদি প্রস্তুত করে থাকে। সুতরাং 'প্ল্যান্ট নকশা' বলতে কোন ছোট-বড় কারখানা বা শিল্প প্রতিষ্ঠান, গ্যারেজ, প্রভৃতির বিভিন্ন প্রকার নকশা বুঝায়।

কোন কারখানা, গ্যারেজ প্রভৃতি স্থাপন করার পূর্বে প্রথমতঃ উহার চাহিদা ও ব্যবহারিক প্রয়োগের ব্যাপারে পরিকল্পনা গ্রহণ, দ্বিতীয়তঃ এলাকা-নির্বাচন, স্থাপিত কারখানার লে-আউট অঙ্কন, স্থাপন খরচ নির্ধারণ, খননকার্য সম্পাদন ও দালানকোঠা নির্মাণ, যন্ত্রপাতি স্থাপন, বৈদ্যুতিক সংযোগ ও ওয়্যারিং কার্য সম্পাদন, নিয়ন্ত্রণ ও সাবধানে যন্ত্রপাতি স্থাপন, ব্যবস্থাপনার অফিস ও ব্যবস্থাপকসহ কর্মচারী প্রভৃতি কার্য ধাপে ধাপে সম্পাদন করতে হয়। এই সকল কাজের জন্য যে সকল নকশা ব্যবহার করা হয়, উহা প্ল্যান্ট নকশার অন্তর্ভুক্ত। প্ল্যান্ট নকশা অঙ্কন করতে সাধারণ নকশা অঙ্কনের যন্ত্রপাতি ছাড়াও ইঙ্কিং ও ট্রেসিং যন্ত্রপাতি, নীল নকশা প্রস্তুতের যন্ত্রপাতি, বিভিন্ন প্রকার রাসায়নিক পদার্থ, বিভিন্ন রং-এর কালি (যা সাধারণত পানিতে ধুয়ে যায় না), ভাল ধরনের অঙ্কন-শীট, নকশা সংরক্ষণাগার প্রভৃতির প্রয়োজন।

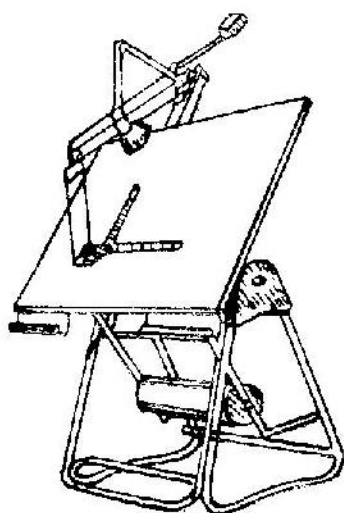
তদুপরি, প্ল্যান্ট নকশা অঙ্কন করতে সূক্ষ্ম কারিগরি বা প্রযুক্তি জ্ঞানসম্পন্ন অঙ্কনশিল্পীর প্রয়োজন হয়। কারণ, চূড়ান্ত প্ল্যান্ট নকশা থেকে একাধিক কপি করে উহা সংরক্ষণ করা হয় এবং বিভিন্ন দেশ সেই নকশা অনুসরণ করে তাদের দেশে প্ল্যান্ট স্থাপন কাজ চালাতে পারে। সেজন্য প্ল্যান্ট নকশা খুব সাবধানতার সঙ্গে সম্পাদন করার প্রয়োজন হয়, যাতে প্ল্যান্ট নকশার নাম, অঙ্কন ও তুলনাকারীর নাম ও স্বাক্ষর, প্রস্তুতের তারিখ, প্রস্তুতকারী প্রতিষ্ঠান প্রভৃতি, নাম উল্লেখ থাকে।

প্ল্যান্ট নকশায় যন্ত্রপাতি ও দ্রব্যাদির বড় বড় নাম লেখা ও প্রস্তুতকৃত ধাতুর নাম উল্লেখ করা সম্ভব হয় না বলে উহাতে বিভিন্ন প্রকার প্রতীক (symbol) ব্যবহার করা হয়।

প্ল্যান্ট নকশার যন্ত্রপাতি ও দ্রব্যাদি

ইতিপূর্বে প্রথম অধ্যায়ের গোড়ার দিকে কারিগরি নকশা অঙ্কনের সাধারণ যন্ত্রপাতি ও দ্রব্যাদি সম্বন্ধে বর্ণনা করা হয়েছে। প্ল্যান্ট নকশায় সে সকল যন্ত্রপাতি ও দ্রব্য তো লাগেই, তদুপরি নিম্নলিখিত যন্ত্রপাতি ও দ্রব্যাদির প্রয়োজন হয়, যেমন :

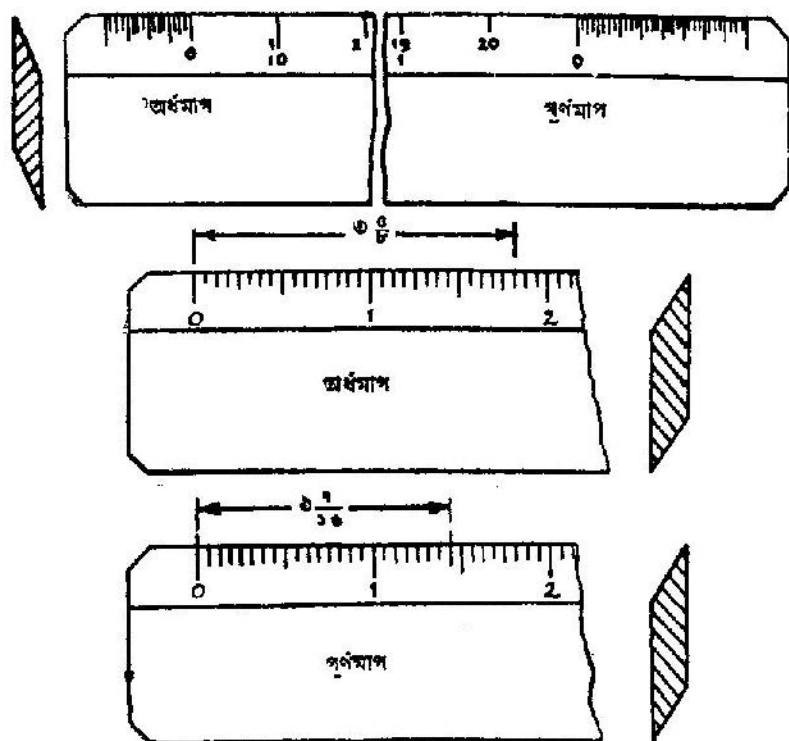
(ক) ড্রাফটিং যন্ত্র (Drafting machine),
(খ) যন্ত্র প্রকৌশলীর স্কেল (Mechanical Engineer's Scale),
(গ) বো-যন্ত্রাদির সেট (Bow instruments set),
(ঘ) ইঙ্কিং-এর কালি (Ink for inking) প্রভৃতি।

(ক) প্ল্যান্ট নকশা নিখুঁতভাবে এবং স্বল্প সময়ের ব্যবধানে অঙ্কনের সুবিধার্থে ড্রাফটিং যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রকে একটি ড্রাফটিং টেবিলের সঙ্গে সংযুক্ত করা হয়। যন্ত্রটির বোর্ডের উপর অঙ্কন শীট স্থাপন করে উহার সাহায্যে অতি অল্প

চিত্র ৬.১ : একটি ড্রাফটিং টেবিলে সংযুক্ত ড্রাফটিং যন্ত্র।

সময়ে বিভিন্ন কোণ ও সমান্তরাল রেখা অঙ্কন করা যায়। ৬.১ চিত্রে একটি ড্রাফটিং টেবিলে সংযুক্ত ড্রাফটিং যন্ত্র দেখানো হয়েছে। যান্ত্রিক, স্থাপত্য-সংক্রান্ত এবং যে কোন জটিল ও নিখুঁত নকশা অঙ্কনের কাজে ইহার ব্যবহার বহুল প্রচলিত। প্রয়োজনের খাতিরে এই ড্রাফটিং যন্ত্রের সম্মুখপ্রান্ত উঁচু-নিচু করা যায়।

(খ) যান্ত্রিক নকশা অঙ্কন করতে পরিমাপে বেশি ভগ্নাংশের প্রয়োজন হয় না। সেজন্য যান্ত্রিক নকশায় প্রয়োজনীয় স্কেলে মোটামুটিভাবে পূর্ণমাপ ও অর্ধমাপের দাগ কাটলেই চলে। ক্ষেত্রবিশেষে এক-চতুর্থাংশ মাপ এবং এক-অষ্টমাংশ মাপও ব্যবহার করা হয়। এই স্কেলের পরিমাপগুলি নিম্নরূপ:

পূর্ণমাপ, ১ ইঞ্চিকে ৩২ ভাগ,

অর্ধমাপ, ½ ইঞ্চিকে ১৬ ভাগ,

চিত্র ৬.২ : যন্ত্র-প্রকৌশলীর স্কেল।

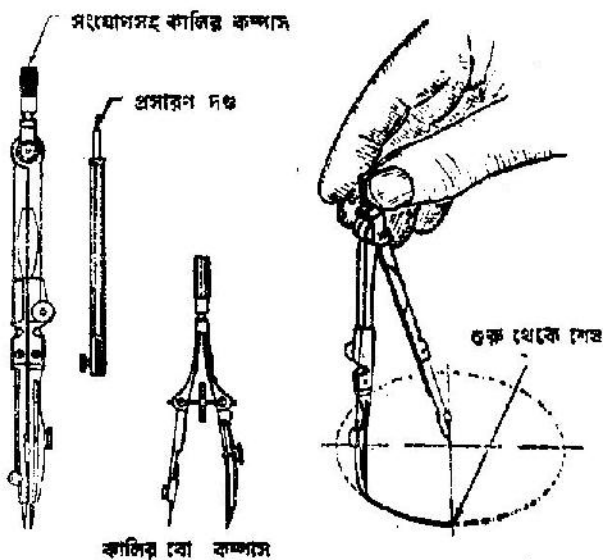
এক-চতুর্থাংশ মাপ, $\frac{1}{8}$ ইঞ্চিকে ৮ ভাগ এবং

এক-অষ্টমাংশ মাপ, $\frac{1}{8}$ ইঞ্চিকে ৪ ভাগে ভাগ করে দেখানো হয়।

সুতরাং পূর্ণমাপ, ১˝ = ১˝ এবং

অর্ধমাপ, $\frac{1}{2}$ ইঞ্চি = ১ ইঞ্চি।

কারণ, ১ ইঞ্চি জায়গা বড় বিধায় সেখানে বেশি ভাগ করে দেখানো যায়, কিন্তু $\frac{1}{8}$ ইঞ্চি অপেক্ষাকৃত ছোট জায়গা বিধায় উহাকে বেশি ভাগ করে দেখানো সম্ভব হয় না। ৬.২ চিত্রে যন্ত্র-প্রকৌশলীর স্কেল এঁকে দেখানো হয়েছে।

(গ) পেন্সিলিং, ইঙ্কিং, ট্রেসিং প্রত্যেক নকশা অঙ্কন করতেই বো-যন্ত্রাদির সেট প্রয়োজন হয়। বো-পেন্সিল দ্বারা পেন্সিলিং নকশার গোলাকার দাগ

চিত্র ৬.৩ : বো-যন্ত্রাদির সেট।

এবং বো-ইঙ্কের সাহায্যে ইঙ্কিং ও ট্রেসিং নকশার গোলাকার দাগগুলি প্রদান করা হয়। ৬.৩ চিত্রে বো-যন্ত্রাদির সেট এঁকে দেখানো হয়েছে। বো-পেন্সিলের

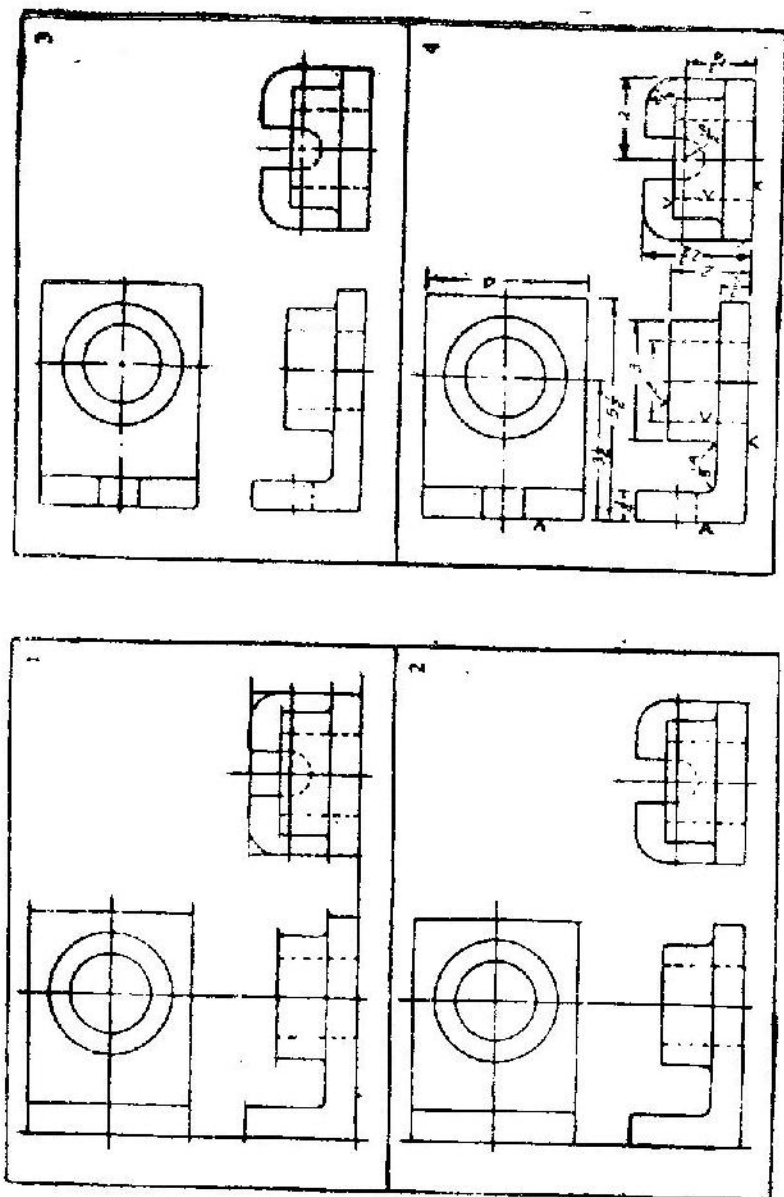
অগ্রভাগ সূচ্যাগ্র রাখতে হয় এবং বো-ইঙ্কের অগ্রভাগে স্বাভাবিকভাবে কালি লাগিয়ে নিতে হয়, অন্যথায় নকশা নষ্ট হবার সম্ভাবনা থাকে।

(ঘ) ইঙ্কিং-এর কালি বলতে পেলিকান কালি, ইণ্ডিয়ান কালি প্রভৃতি বুঝায়। এই কালিগুলি দেখতে বেশ গাঢ় এবং ইঙ্কিং এর কলম দিয়ে দাগ দিলে উহা স্পষ্টভাবে ফুটে উঠে। কোন ড্রইং শীটে চূড়ান্ত নকশা পেন্সিল দ্বারা কেসিং করার পরপরই উক্ত দাগের উপর দিয়ে কালি প্রয়োগ করা হয়। এই কালি হাল্কা হলে প্ল্যান্ট নকশা ফুটে উঠবে না, যার ফলে উহা দ্বারা একাধিক কপি করা সম্ভব হয় না। ইঙ্কিং-এর কালি সাধারণভাবে পানির ছিটায় উঠে যাওয়া বা মিলিয়ে যাওয়া উচিত নয়, ফলে উহাকে কিছুটা ওয়াটারপ্রুফ বা পানিরোধক হতে হয়। এই কালি সাধারণত কালো হওয়া উচিত যাতে নকশা অঙ্কন করলে সূর্যের আলো উক্ত দাগ ভেদ না করতে পারে।

সাধারণ প্ল্যান্ট নকশায় বিভিন্ন দ্রব্যের প্রবাহ দেখাতে বিভিন্ন রং-এর কালি ব্যবহার করা হয়। কিন্তু যে প্ল্যান্ট নকশাকে একাধিক শীটে রূপান্তর বা নীল নকশায় পরিণত করা হয়, উক্ত নকশায় শুধু কালো কালি ব্যবহার করা হয়। আবার প্ল্যান্ট নকশায় ভুল দাগগুলি নিশ্চিহ্ন করা বা মিলিয়ে দেয়ার জন্য সাদা পেলিকান কালি ব্যবহার করা হয়। ইঙ্কিং কালি সাধারণত ক্রোকো-ডাইল কলম দ্বারা ব্যবহার করা হয় অথবা নকশা অঙ্কনের বিশেষ কলমেও ভর্তি করে কাজ করা যায়। এই কালি দ্বারা নকশা অঙ্কনের সময় বারংবার কলমের টিপ্ শুকিয়ে যায় এবং আঁঠালো হয়, এমতাবস্থায় মাঝে মাঝে কলমের মুখ পানি ও মুছুনি দ্বারা যথাক্রমে ধুয়ে ও মুছে ফেলতে হয়।

পেন্সিলিং নকশা

শুধু পেন্সিল দ্বারা যে নকশা অঙ্কন করা হয়, উহাকে পেন্সিলিং নকশা বলা হয়। প্রাথমিকভাবে কোন বস্তু বা যন্ত্রাদির অবয়ব এবং দৃশ্য অঙ্কন করতে পেন্সিলের ব্যবহার সর্বকালের। এর কারণ হলো, প্রাথমিকভাবে আঁকতে গেলে নকশার সেটিং এলোমেলো, দাগগুলি আকাবাঁকা অথবা অন্য কোন ভুলত্রুটি হতে পারে। রাবার বা মুছুনি দ্বারা মুছে সেই সকল ভুল ও অসমঞ্জস দাগগুলি দূর করার সুবিধার্থে প্রথমতঃ পেন্সিলিং নকশা অঙ্কন করতে হয়। পেন্সিলিং নকশায় অঙ্কন শীটের বাইরের দাগ, শীট বা জব নং, নকশার নাম, দৃশ্যের দাগ প্রভৃতি অঙ্কন করতে সাধারণত 3H 3 HB পেন্সিল ব্যবহার করা হয়। সুতরাং এই নকশার

চিত্র ৬.৪ : ধাপ ও ক্রমপন্থী পেন্সিলিং বা ইংকিং নকশা।

সমুদয় দাগই পেন্সিল দ্বারা টানা হয়। তবে, এ কাজে পেন্সিলের অগ্রভাগ সরু করে নিতে হয়; উহার অগ্রভাগ ভোঁতা হয়ে গেলে আবার ঘষে পেন্সিলের ফলা সুঁচাল্ করে নিতে হয়।

৬.৪ চিত্রে রাফ ও কার্যকরী পেন্সিলিং বা ইঙ্কিং নকশা দেখানো হয়েছে। অঙ্কন শিল্পীর হাত পাকা হলে রাফ পেন্সিলিং নকশাও কার্যকরী পেন্সিলিং নকশার মত নিখুঁত হয়।

ইঙ্কিং নকশা

প্ল্যান্টের যে নকশা ইঙ্কিং কালি দিয়ে সুচারুরূপে ও নিখুঁতভাবে অঙ্কন করা হয়, উহাকে ইঙ্কিং নকশা বলে। সাধারণত প্ল্যান্ট নকশা প্রস্তুত করতে প্রথমতঃ পেন্সিলিং এবং পরে উহার উপর কালি দিয়ে ইঙ্কিং নকশা অঙ্কন করা হয়। আবার ক্ষেত্রবিশেষে অঙ্কনশিল্পীর হাত পাকা হলে অঙ্কন কাগজের উপর সরাসরি ইঙ্কিং নকশাও অঙ্কন করা হয়। কিন্তু যান্ত্রিক নকশায় সাধারণত সরাসরি-ভাবে প্ল্যান্টের ইঙ্কিং নকশা অঙ্কন করা হয় না।

ইঙ্কিং নকশায় পেন্সিলিং নকশার তুলনায় দাগগুলি সাধারণত মোটা ও বেশি কালো হয়। এই নকশায় কালির দাগের ভেতর দিয়ে কোন আলো ভেদ করে বাইরে যেতে পারে না, কারণ কালো জিনিস তাপ শোষণ করে। এজন্য আমরা শীতের দিনে কালো ও রঙিন জামাকাপড় গরমের দিনে সাদা অথবা হালকা রঙের জামাকাপড় পরিধান করে থাকি। সাধারণত লোকে কখনও সাদারঙের কোটপ্যান্ট শীতের দিনে পরিধান করে না। ইঙ্কিং নকশায় ক্রোকোডাইল কলম এবং গাঢ় কালো কালি ব্যবহার করা হয়। এই কালি দিয়ে নকশা অঙ্কন করার সময় বেশ সাবধানতা অবলম্বন করতে হয়, যাতে কালি বেশি পড়ে অথবা ছড়িয়ে গিয়ে কার্যকরী নকশাটি নষ্ট করে না ফেলে। কালির ভুল দাগগুলি মুছে ফেলতে সাদা পেলিকান কালি ব্যবহার করা হয়। ৬.৪ চিত্রে রাফ ও কার্যকরী ইঙ্কিং নকশা দেখানো হয়েছে।

ট্রেসিং নকশা

কোন পুস্তক অথবা অঙ্কন-কাগজে অঙ্কিত মূল বা কার্যকরী নকশার উপরে ট্রেসিং কাগজ স্থাপন করে ইঙ্কিং কালি ও কলম দ্বারা যে নকশা অঙ্কন করা হয়, উহাকে ট্রেসিং নকশা বলে। ট্রেসিং কাগজকে অন্য কথায় 'তেলে কাগজ' (translucent paper) বলা হয়। কারণ, এই কাগজ বেশ পাতলা এবং উপরিভাগ

অনেকটা তৈলাক্ত মনে হয়। তাই বলে, উহাতে কালি দিয়ে দাগ দিলে মুছে যায় না, বরং ফুটে ওঠে। তাছাড়া মূল নকশার উপর এই কাগজ স্থাপন করলে নকশাটি স্পষ্টভাবে দেখা যায়, ট্রেসিং কাগজ যাতে নড়াচড়া না করে সেজন্য উহার চারদিক 'স্কচটেপ' দ্বারা এঁটে নেয়া হয়। অতঃপর উক্ত কাগজের উপর

চিত্র ৬.৫ : মূল বা কার্যকরী নকশার উপরে ট্রেসিং কাগজে কালি দিয়ে অঙ্কিত ট্রেসিং নকশা।

স্কেল এবং ইঙ্কিং কালির কলম দ্বারা দাগ কাটলে ট্রেসিং নকশা প্রস্তুত হয়। সুতরাং ট্রেসিং নকশা বলতে মূল বা কার্যকরী নকশার সত্যায়িত নকল নকশা বুঝায়। মূল বা কার্যকরী নকশার উপরে ট্রেসিং কাগজে কালি দিয়ে অঙ্কিত ট্রেসিং নকশার নমুনা ৬.৫ চিত্রে দেখানো হয়েছে।

প্রকৃতপক্ষে, প্ল্যান্টের মূল নকশা প্রস্তুতের দুটি ধাপ, ট্রেসিং নকশা প্রস্তুতের তিনটি ধাপ এবং নীল নকশা প্রস্তুত করলে চারটি ধাপে নকশা প্রস্তুত কার্য-সম্পাদন করা হয়। সুতরাং ট্রেসিং নকশা প্রস্তুতের আগে পেন্সিলিং এবং ইঙ্কিং নকশা অঙ্কন করার প্রয়োজন হয়। এই ট্রেসিং নকশা ভালভাবে সংরক্ষণ করা হয়, কারণ এর সাহায্যে প্ল্যান্টের নীল নকশা প্রস্তুত করা হয়।

নকশার নামকরণ

যে কোন নকশা অঙ্কন করারই একটি বিশেষ উদ্দেশ্য থাকে, আর প্ল্যান্ট নকশার বেলায়তো বটেই। নকশাটির মূল দৃশ্য অঙ্কন করলেই উহার উদ্দেশ্য

সফল হলো না। প্ল্যান্ট নকশা অঙ্কনের কতকগুলি ধাপ থাকে, যেমন — প্রথমতঃ অঙ্কন কাগজের বাইরের রেখা অঙ্কন; জব অথবা প্রোজেক্ট নম্বর; জব অথবা প্রোজেক্টের নাম; মূল নকশা অঙ্কন এবং উহার যন্ত্রাংশের নাম, পরিমাপ, ধাতুর প্রতীক প্রভৃতি লিপিবদ্ধকরণ; অঙ্কন-শীটের নিচের ডানদিকে একটি নির্দিষ্ট জায়গার মধ্যে যার দ্বারা নিরীক্ষিত তার স্বাক্ষর ও তারিখ থাকে; যার দ্বারা অঙ্কিত তার নাম ও ঠিকানা, অঙ্কনের তারিখ, তুলনাকারীর নাম ও ঠিকানা প্রভৃতি বামদিকে থাকে।

সুতরাং শিল্পীকে প্ল্যান্ট নকশা অঙ্কনের শুরুতে উপরিউক্ত অঙ্কন কার্যের ধাপগুলি সম্পাদন করতে হয়। এই তথ্যগুলি উল্লেখ থাকলে প্ল্যান্ট নকশাটি দেখলেই বুঝা যাবে যে, উহা কি কাজে ব্যবহার হতে পারে। কোন বিশেষজ্ঞ দ্বারা উহা তুলনা ও নিরীক্ষিত করা হয় বলে উক্ত নকশা সর্বজনবিদিত হয়। আবার গুরুত্বপূর্ণ প্ল্যান্ট নকশাটি প্রস্তুত করতে যদি অদক্ষ বা আধাদক্ষ শিল্পী নিয়োগ করা হয়, অথবা শিল্পী গাফিলতি করে নকশাটি অঙ্কনে ভুল করে; তাহলে উল্লিখিত রেকর্ড অনুযায়ী অঙ্কনশিল্পীকে জবাবদিহি করতে হতে পারে। কোন একটি প্ল্যান্টের নকশা যদি আধুনিক বিজ্ঞানসম্মত হয় এবং উক্ত প্ল্যান্ট স্থাপন ও পরিচালনায় সংস্থা লাভবান হলে, সারা পৃথিবীর লোক উহা অনুসরণ করতে পারে। তাই নির্ভুল নকশা ও উহার নামকরণের গুরুত্ব অপরিসীম।

প্ল্যান্টের লে-আউট নকশা

লে-আউট নকশা বলতে এমন নকশা বুঝায়, যা কোন দালানকোঠা, যন্ত্রপাতি, বস্তু প্রভৃতির উপরের নকশা (top view) ও সম্মুখ এলিভেশন বা কর্তিত সম্মুখ এলিভেশন মিলে গঠিত হয়। আবার শুধু প্ল্যান বা উপরের নকশাকেও অনেক সময় লে-আউট বলা হয়। সেভাবে বলা যায়, প্ল্যান্টের লে-আউট নকশা বলতে প্ল্যান্টের প্ল্যান অথবা উহার প্ল্যান বা উপরের নকশা ও কর্তিত সম্মুখ এলিভেশন বুঝায়। আবার অনেক সময় কোন দালানকোঠার লে-আউট নকশায় উহার প্ল্যান ও সম্মুখ এলিভেশনের পার্শ্বে পার্শ্ব-এলিভেশন এঁকেও দেখানো হয়; তবে এই ধরনের লে-আউট সচরাচর ব্যবহার করা হয় না।

তবে দালানকোঠা, যন্ত্রপাতি প্রভৃতি স্থাপন ও সংযোজনে ঐ নকশাগুলির মধ্যে যে নকশাগুলি দেখালে সম্পূর্ণ অংশ দেখানো হয়, লে-আউটে সেই নকশাগুলিই স্থান পায়।

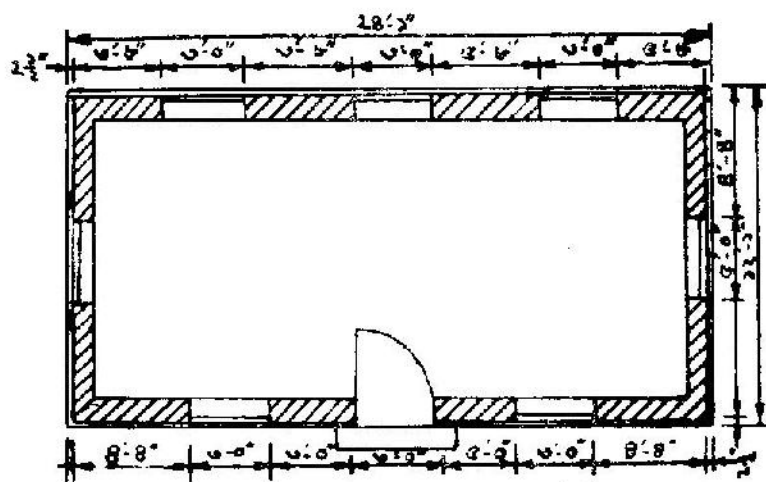
(ক) প্ল্যান (Plan) : কোন প্ল্যান্টের দালানকোঠা, যন্ত্র প্রভৃতি উপরের দিক থেকে লক্ষ্য করলে ভূমি সমান্তরালে যে নকশাটি পরিলক্ষিত হয়, উহাকেই প্ল্যান বা উপরের নকশা বলে। প্ল্যান বলতে সাধারণত উহাদের কর্তিত প্ল্যান বা উপরের নকশাকেই বুঝায়। কারণ দালানকোঠার উপরের দিক লক্ষ্য করলে এবং উহার ছাদ মনে মনে কর্তন করা না হলে দালানটির দৈর্ঘ্য, প্রস্থ, জানালা ও দরজার স্থানসহ পরিমাপ, ফটক, বিভক্ত দেওয়াল, যন্ত্রপাতি স্থাপনের ক্ষেত্রফল প্রভৃতি দেখানো সম্ভব হয় না। কোন একটি সাধারণ দালান বা কোঠার প্ল্যানে নিম্নলিখিত তথ্যাবলী অন্তর্ভুক্ত হয়, যেমন ঃ

(অ) ঘরের পরিমাপ ও আকৃতি (size and shape),

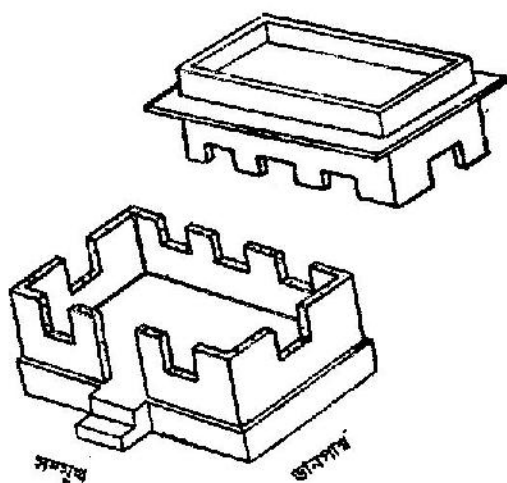
(আ) দ্রব্যাদির প্রকার (type of materials),

(ই) সম্পূর্ণ দালানটির আকৃতি (shape of building),

(ঈ) দেওয়ালের পুরুত্ব (thickness of wall),

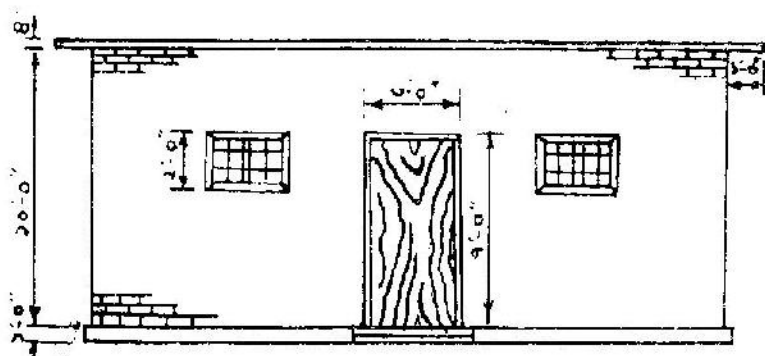
(উ) দরজা, জানালা ও অন্যান্য যন্ত্রপাতি স্থাপনের এলাকা নির্দেশ (Location of doors, windows, equipments etc.)।

চিত্র ৬.৬ ঃ একটি দালানের প্ল্যান্ট বা উপরের নকশা।

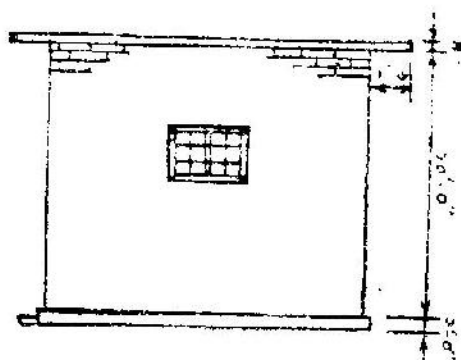
৬.৬ চিত্রে একটি সাধারণ বাড়ি বা ঘরের প্ল্যান বা উপরের নকশা অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। উক্ত দালানে দেওয়ালের যে অংশে কোন দরজা ও

জানালা নেই, সে স্থানে কালো দাগ দিয়ে অথবা কর্তন দাগ (ভূমির সঙ্গে ৪৫° কোণে লাইন টেনে) টেনে দেখানো হয়। এখানে উল্লেখ্য যে, কোন দালানকোঠার প্ল্যান বা উপরের নকশা অঙ্কন করার পূর্বে উহাকে মেঝে থেকে ৪ ফুট উপরে ভূমি সমান্তরালভাবে মনে মনে কর্তন করতে হয়। ৬.৭ চিত্রে উপরিউক্ত দালানটির এই কর্তিত নকশা বা প্ল্যানের পূর্ব পরিকল্পিত নকশা দেখানো হয়েছে। এই নকশাটি আইসোমেট্রিকভাবে অঙ্কন করা হয়েছে, যাতে দালানটির ৪ ফুট নিচের অংশটি পরিষ্কারভাবে দেখা যায়।

চিত্র ৬.৭ : একটি দালানের মেঝে থেকে ৪ ফুট উপরের কর্তিত আইসোমেট্রিক বা প্ল্যানের পূর্বপরিকল্পিত নকশা।

প্ল্যান বা উপরের নকশা অঙ্কনের মাধ্যমে যখন কোন দালানকোঠার সম্পূর্ণ অংশ দেখানো হয়, সেই নকশাকে অনেক সময় লে-আউট প্ল্যান বা লে-আউট প্ল্যান নকশা বলা হয়।

(খ) **সম্মুখ এলিভেশন (Front elevation) :** কোন দালানকোঠা, বস্তু অথবা মেশিনের সামনে দাঁড়ালে যে নকশা চোখের সামনে পরিলক্ষিত হয়, উহাকে **সম্মুখ** এলিভেশন বলা হয়। সম্মুখ এলিভেশনে মূল দৃশ্যটির দৈর্ঘ্য এবং উচ্চতা

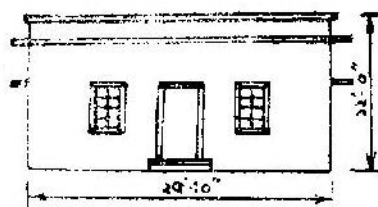
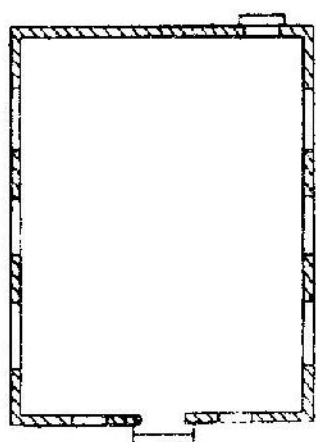
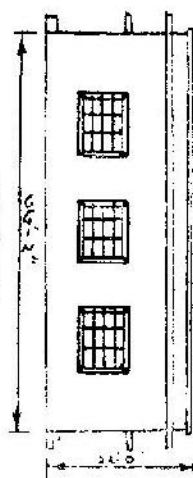
পরিলক্ষিত হয়। সাধারণতঃ প্ল্যান্ট নকশায় শুধুমাত্র প্ল্যান্ট বা সম্মুখ এলিভেশন দেখালে লে-আউটের পরিপূর্ণতা আসে না। তাই প্ল্যানের নিচেই উহার দৈর্ঘ্যের পরিমাপ অনুসারে প্রোজেকশন রেখা টেনে সম্মুখ এলিভেশন অঙ্কন করা হয়। বাড়ি অথবা ঘরের সামনের দেওয়ালে যে কয়টি দরজা, জানালা এবং দেওয়ালের গাত্র ও ছাদে যে সকল যন্ত্রপাতির সংযোগ থাকে, সেই দৃশ্যমান বস্তুগুলিকে সম্মুখ এলিভেশনে পূর্ণ বা আংশিক পরিমাপে দেখা যায়। এই নকশায় ঘরটির মেঝের উচ্চতা, জানালা-দরজার দৈর্ঘ্য ও উচ্চতা, পৈঠা বা ধাপের দৈর্ঘ্য ও উচ্চতা, ছাদের দৈর্ঘ্য ও পুরুত্ব প্রভৃতি সম্মুখ এলিভেশনে স্পষ্টভাবে পরিলক্ষিত হয়। ৬'৮ চিত্রে একটি সাধারণ-দালানের সম্মুখ এলিভেশন দেখানো হয়েছে। এই নকশায় অনেক সময় দালানকোঠা অথবা যন্ত্রাদির প্রতীকও প্রদর্শন করানো হয়।

চিত্র ৬.৮ ঃ একটি দালানের সম্মুখ নকশা।

(গ) পার্শ্ব এলিভেশন (Side elevation) ঃ কোন দালানকোঠা, বস্তু অথবা যন্ত্রাদির ডান অথবা বাম পার্শ্বে দাঁড়ালে যে নকশা চোখের সামনে ভেসে উঠে, উহাকে যথাক্রমে ডান পার্শ্ব এলিভেশন অথবা বামপার্শ্ব এলিভেশন বলে। যদি উভয় পার্শ্ব থেকে বস্তুটির একই প্রকার দৃশ্য পরিলক্ষিত হয়, তখন উহাকে সাধারণ পার্শ্ব এলিভেশন বলা হয়। তবে, যদি শুধু পার্শ্ব এলিভেশন অঙ্কন করতে বলা হয়, তখন উক্ত বস্তুটির ডান পার্শ্ব এলিভেশন অঙ্কন করলেই চলে।

চিত্র ৬.৯ : একটি দালানের পার্শ্ব নকশা।

সাধারণত পার্শ্ব এলিভেশনে বস্তুটির প্রস্থের সমান দৈর্ঘ্য এবং উচ্চতার সমান উচ্চতা স্থান পায়। সেজন্য কোন দালানকোঠার পার্শ্ব এলিভেশন আঁকতে হলে, তৃতীয় কোণের নকশা অঙ্কন পদ্ধতি অনুসারে উহাকে বস্তুটির সম্মুখ নকশার ডান অথবা বাম পার্শ্বের ভূমি সমান্তরালে স্থাপন করা হয়। ৬.৯ চিত্রে একটি দালানের পার্শ্ব এলিভেশন অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। দালানের অভ্যন্তরের বা প্ল্যান্টের কক্ষে অবস্থিত যন্ত্রাদিকে দেখাতে হলে উহার কর্তিত এলিভেশন অঙ্কন করার দরকার হয়।

উদাহরণ—১

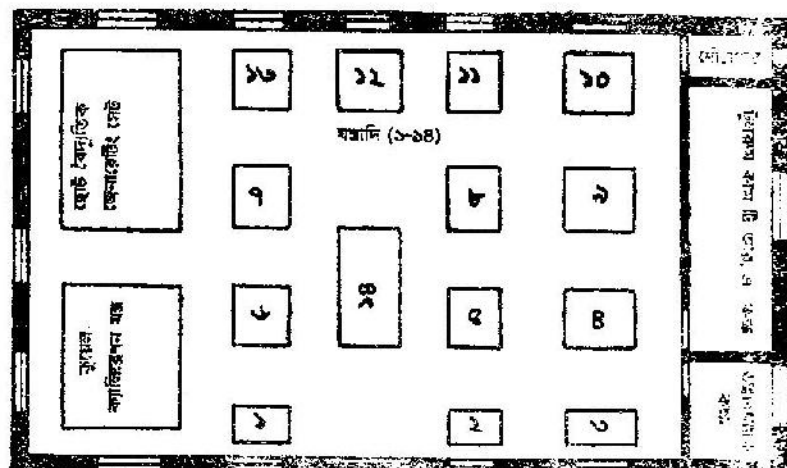
একটি দালান বা ইমারতের দৈর্ঘ্য ২৪´-৬´´, প্রস্থ ১২´-৬´´ এবং উচ্চতা ১৩´-৪´´। উহার সামনের দিকের মাঝখানে একটি দরজা ও দুটি জানালা, পিছনের দিকে তিনটি জানালা এবং পার্শ্বে একটি করে জানালা আছে (দরজার পরিমাপ ৭´-০´´ × ৩´-০´´, জানালা ৩´-০´´ × ২´-০´´)। দালানটির দেওয়ালের পুরুত্ব ১০´´, দেওয়াল থেকে ডোয়া বা ভিতের বাড়তি ২½´´ করে, ডোয়া বা ভিতের উচ্চতা ২´-০´´, ছাদের পুরুত্ব ৪´´, সিঁড়ি বা ধাপের দৈর্ঘ্য ৪´-০´´ এবং

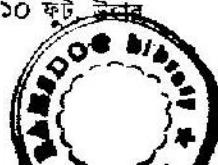
উহার সংখ্যা দুটি। দেওয়াল থেকে ছাদের প্রান্তদেশ পর্যন্ত ১´–৬´´ এবং প্রয়োজন-বোধে অন্যান্য পরিমাপ পছন্দমত ধরে উক্ত দালানটির লে-আউট নকশা (প্ল্যান বা উপরের নকশা, সম্মুখ ও পার্শ্ব এলিভেশন প্রভৃতি) এঁকে দেখাও।

চিত্র ৬.১০ : একটি দালানের প্ল্যান, সম্মুখ ও পার্শ্ব এলিভেশন বা লে-আউট নকশা।

উত্তর

৬.১০ চিত্রে উক্ত দালানটির লে-আউট নকশা দেখানো হয়েছে। এখানে স্কেল, ৫´ = ১´´ গ্রহণ বা চোখের আন্দাজের পরিমাপ নিয়ে করা যায়।

উদাহরণ—২

তোমার ইন্সিটিটিউটের পাওয়ার শপের প্ল্যান ও সম্মুখ এলিভেশন অঙ্কন কর, যার পরিমাপ নিম্নরূপ : পাওয়ার শপের দৈর্ঘ্য ১০০´-০´´×প্রস্থ ২৫´×০´´। উহার সম্মুখদিকে একটি প্রধান গেট ও উভয় পার্শ্বে তিনটি করে জানালা, বিপরীত দেওয়ালে সাতটি জানালা ; শপের ডান পার্শ্বে শপ তত্ত্বাবধায়ক ও টুল বিতরকের (T. R. A) কক্ষ; উক্ত কক্ষের পরিমাপ ২৫´-০´´×১০´-০´, মাঝখানে বিভক্ত দেওয়াল এবং প্রত্যেক কক্ষের সামনে একটি করে দরজা এবং জানালা ও পাশে একটি করে জানালা আছে। শপের বাম পার্শ্বে একই আকৃতির একটি এবং ছোট আকৃতির দুটি কক্ষ আছে, যার একটিতে জ্বালানি ইনজেকটর পরীক্ষণ যন্ত্র ও শৌচাগার এবং অপর বড় কক্ষে ১০ কিলোওয়াট ক্ষমতাসম্পন্ন ডিজেল শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের একটি ইউনিট রয়েছে। প্রধান গেটের দৈর্ঘ্য ১০´—০´´× উচ্চতা ১০´—০´´, দরজা ৭´-০´´×৩´—০´´, জানালা ৪´-০´´ × ৪´—০´´, মেঝের উচ্চতা ১´—০´´। প্রধান গেট থেকে ঢালু ধাপ, দেওয়াল থেকে ভিতের বাড়তি ২½´´, ছাদের পুরুত্ব ৫´´ এবং দেওয়াল থেকে বাড়তি ১´´-৬´´। দালানের বাদবাকী প্রয়োজনীয় পরিমাপ প্রয়োজন মোতাবেক।

চিত্র ৬.১১ : একটি আধুনিক পাওয়ার শপের লে-আউট নকশা।

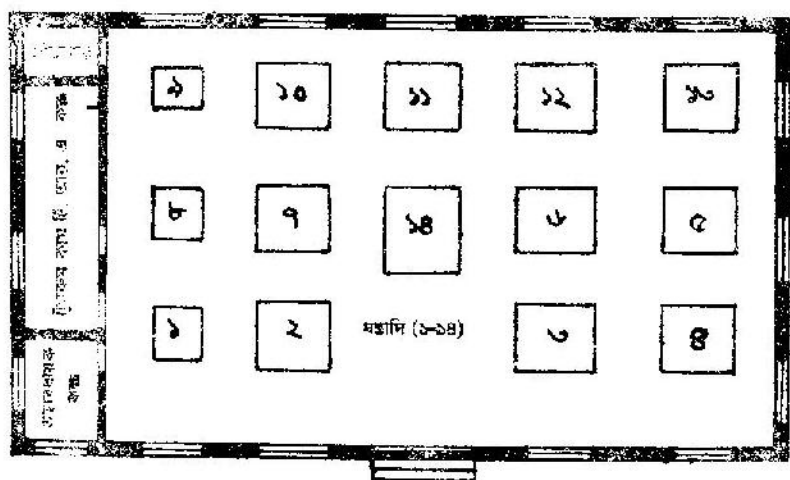
উক্ত শপের বাম পার্শ্বে তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের চুল্লীর চিমনি রয়েছে (উহা স্বাভাবিক পরিমাপে নিতে হবে)। ছাদ থেকে চিমনির উচ্চতা ১০ ফুট, উহার

ব্যাস ১০´´ এবং উপরে কৌণিক ঢাকনা রয়েছে। বাম পার্শ্বের দেওয়ালে ডিজেল বিদ্যুৎ কেন্দ্রের সাইলেন্সার পাইপের সংযোগ রয়েছে, যার দৈর্ঘ্য দুই ফুট এবং ব্যাস ৪´´। পিছনের দেওয়ালে কণ্ডেন্সারের শীতলীকরণ পানির গ্রহণ ও নির্গমন পানির লাইন রয়েছে। এছাড়া শপে মোটরযানের চেসিস ও বডি, বিযোজিত যন্ত্রাংশ, ছিদ্রকরণ যন্ত্র, বোরিং যন্ত্র, হোনিং যন্ত্র, ক্র্যাঙ্কশ্যাফট গ্রাইণ্ডার, অশ্বক্ষমতা পরীক্ষাকরণ যন্ত্র, মডেল রক্ষিত দুটি আলমারি, ভলকানাইজিং ও বাতাস সঙ্কোচন যন্ত্রের সেট এবং শপের মাঝামাঝি একটি স্থানে শ্রেণীকক্ষের আসবাবপত্র রয়েছে।

উত্তর

৬.১১ চিত্রে পলিটেকনিক ইনস্টিটিউটের একটি আধুনিক পাওয়ার শপের লে-আউট নকশা (প্ল্যান ও সন্মুখ এলিভেশন) এঁকে দেখানো হয়েছে।

শপের লে-আউট আঁকতে হলে মোটামুটি চোখের আন্দাজে পরিমাপ নিয়ে করতে হবে। আর স্কেল ধরে করলে স্কেল আনুমানিক ১০´ = ১´´ গ্রহণ করা যায়।

উদাহরণ—৩

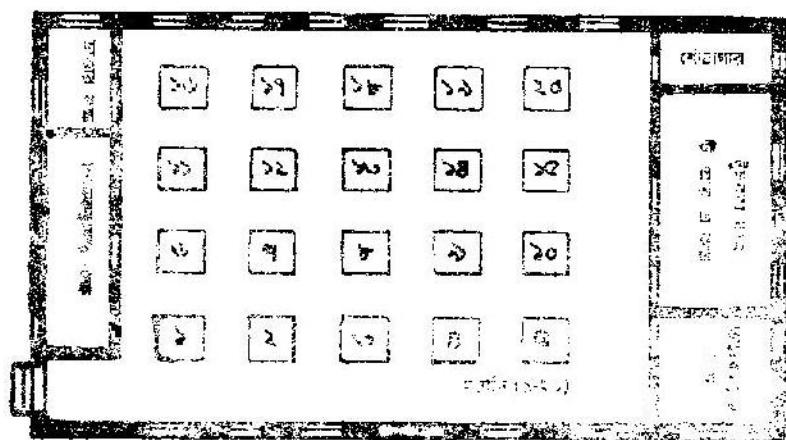
একটি ফার্মি-শপের লে-আউট নকশা অঙ্কন কর, যার সামনের দিকে একটি ভাঁজকরণ গেট (collapsible gate) ও দুটি করে জানালা, পিছনের দিকে পাঁচটি

চিত্র ৬.১২ : একটি ফার্মি-শপের লে-আউট নকশা।

জানালা, শপের বাম পার্শ্বে টুলবিতরক ও শপ তত্ত্বাবধায়কের কক্ষ; ডান পার্শ্বে ইনজেকটর টেস্টার কক্ষ, শিক্ষকবৃন্দের কক্ষ, শৌচাগার ও ভাণ্ডার কক্ষ রয়েছে। শপের দৈর্ঘ্য ৭০ ফুট এবং প্রস্থ ২৫ ফুট এবং অন্যান্য পরিমাপ স্বাভাবিক মত। শপের মধ্যে একটি ট্রাক্টর, তিনটি পাওয়ার টিলার, একটি বাতাস সঙ্কোচন যন্ত্রের ইউনিট, গ্রাইণ্ডিং যন্ত্র, খোলা যন্ত্রাংশের টেবিল এবং এক পার্শ্বে শ্রেণীকক্ষ রয়েছে।

উত্তর

৬.১২ চিত্রে একটি ফার্ম-শপের লে-আউট নকশা এঁকে দেখানো হয়েছে। স্কেল আন্দাজ মোতাবেক নিতে হবে।

উদাহরণ—৪

একটি আধুনিক যান্ত্রিক শপ অঙ্কন কর, যার সামনের দিকে একটি কলাপ্সিবল গেট ও উভয় পার্শ্বে তিনটি করে জানালা, পিছনের দেওয়ালে সাতটি জানালা,

চিত্র ৬.১৩ঃ একটি আধুনিক যান্ত্রিক শপের লে-আউট নকশা।

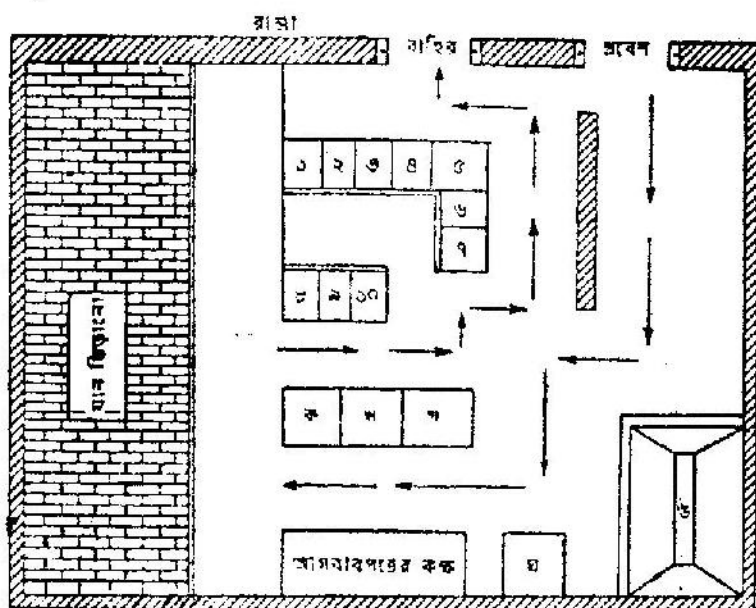
শপের ডান পার্শ্বে শপ তত্ত্বাবধায়ক ও শিক্ষকবৃন্দের কক্ষ এবং তার পাশে শৌচাগার, শপের বাম পার্শ্বে টুল ও টুল বিতরকের কক্ষ এবং ভাণ্ডার কক্ষ রয়েছে। উক্ত শপের মোটামুটি পরিমাপের মধ্যে উহার দৈর্ঘ্য ৯০ ফুট ও প্রস্থ ৩০ ফুট এবং অন্যান্য পরিমাপ পছন্দ মোতাবেক নিতে হবে।

শপটির মধ্যে চারটি লাইনে সর্বমোট ৮ × ৪ = ৩২টি লেদযন্ত্র, একপাশে একটি মিলিং যন্ত্র, একটি শেপার যন্ত্র, দুটি ছিদ্রকরণ যন্ত্র, দুটি গ্রাইণ্ডিং যন্ত্র এবং অপর পার্শ্বে দুটি বড় কাটার যন্ত্র, একটি ধাতবপাত কাটার যন্ত্র, প্রভৃতি স্থাপন করা হয়েছে। শপের উভয় প্রান্তের সংলগ্ন যথাক্রমে ছোট-বড় দুটি এবং তিনটি করে কক্ষ রয়েছে। উক্ত পাঁচটি কক্ষের মধ্যে একটি শপ তত্ত্বাবধায়ক, একটি শিক্ষকবৃন্দ, একটি টুল ও টুল বিতরক, একটি ভাণ্ডার কক্ষ ও অপরটি শৌচাগার হিসেবে ব্যবহৃত হয়।

উত্তর

৬.১৩ চিত্রে একটি আধুনিক যান্ত্রিক শপের লে-আউট এঁকে দেখানো হয়েছে। স্কেল আন্দাজ মোতাবেক নিতে হবে।

উদাহরণ—৫

একটি আধুনিক গ্যারেজের লে-আউট নকশা অঙ্কন কর, যার সামনের দিকে ৫০ ফুট দূরে বড় সড়ক পথ রয়েছে। একটি পথ দিয়ে যানবাহন গ্যারেজের

চিত্র ৬.১৪ : একটি আধুনিক গ্যারেজের প্ল্যান বা লে-আউট নকশা।

সামনে আসতে এবং অপর পথ দিয়ে বেরিয়ে যাবার ব্যবস্থা থাকে। গ্যারেজের সামনে যানবাহন পার্কিং করার ব্যবস্থা আছে।

গ্যারেজটির মূল দালানটির মোটামুটি পরিমাপ হলো, দৈর্ঘ্য ১০০´—০´´ × প্রস্থ ৫০´—০´´, উহার সামনে ১২´—০ × ১২´—০´´ ছয়টি কলাপ্‌সিবল গেট, পিছনের দিকে ১০´—০´´× ১০—০´´ পরিমাপের ১০টি কক্ষ রয়েছে; যাতে বিভিন্ন যন্ত্রপাতি ও টুল কক্ষ, স্নানাগার ও শৌচাগার, অফিস কক্ষ, চিত্তবিনোদন কক্ষ এবং একটি শয়নকক্ষ রয়েছে। গ্যারেজের পার্শ্ব দেওয়াল সংলগ্ন হালকা ও ভারী ধরনের যন্ত্রপাতি যেমন হোনিং যন্ত্র, বোরিং যন্ত্র, লেদযন্ত্র, ছিদ্রকরণ যন্ত্র, গ্রাইন্ডিং যন্ত্র, ভাল্‌ভ রিফেটিং যন্ত্র, ইঞ্জিন পরীক্ষণ যন্ত্র, বাতাস সঙ্কোচন যন্ত্র, ব্যাটারী চার্জার প্রভৃতি রয়েছে। যান পার্কিং স্থানের একদিকে একটি ধৌতকরণ (washing bay) এবং একটি টায়ার টিউব মেরামত যন্ত্রও রয়েছে। গ্যারেজটির সামনের গোলচত্বরে একটি ফুলের বাগানও রয়েছে। যন্ত্রটির পার্শ্ব দেওয়ালে দুটি করে জানালা আছে এবং যে পরিমাপগুলোর উল্লেখ নেই, সেগুলো পরিমাণমত নিতে হবে। এখানে উল্লেখ্য যে, গ্যারেজের লে-আউট নকশা অঙ্কনের ক্ষেত্রে শুধুমাত্র উহার প্ল্যান বা উপরের কর্তিত নকশা অঙ্কন করলেই চলে।

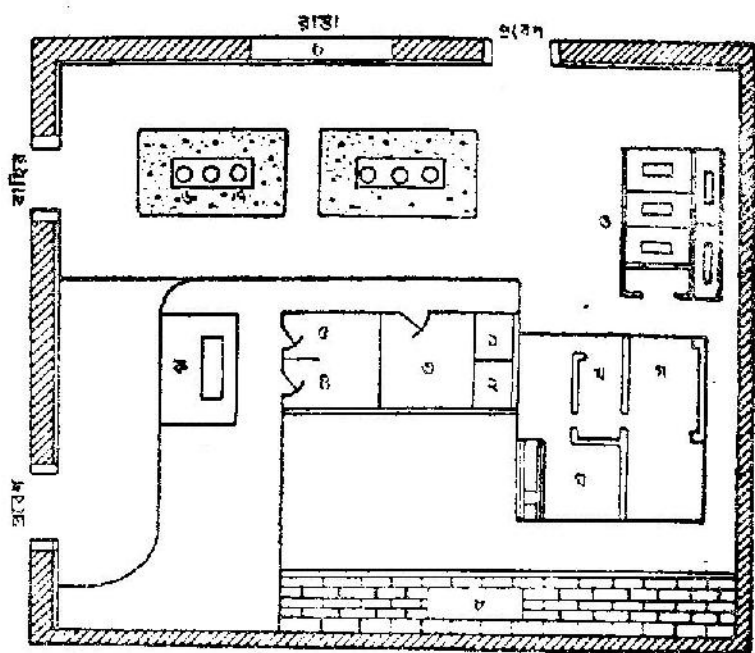
উত্তর

৬.১৪ চিত্রে একটি আধুনিক গ্যারেজের লে-আউট নকশা দেখানো হয়েছে। গ্যারেজের এলাকার পরিমাপ মোটামুটিভাবে নিয়ে করলেই চলবে।

উদাহরণ—৬

একটি আধুনিক সার্ভিস স্টেশনের লে-আউট নকশা বা প্ল্যান অঙ্কন কর, যা বড় রাস্তা ও শাখা রাস্তার মোড়ে এবং শহরস্থিত স্থানে অবস্থিত।

সার্ভিস স্টেশনটি বড় রাস্তা থেকে ১০০ ফুট দূরে অবস্থিত এবং বড় রাস্তা থেকে সার্ভিস স্টেশনে যানবাহন প্রবেশ ও প্রস্থান করার জন্য U-আকৃতির দুটি নিজস্ব রাস্তা আছে। সার্ভিস স্টেশনের মূল দালানটির সামনে ফিলিং স্টেশন রয়েছে, যেখানে পেট্রোল ও ডিজেল পাম্প, বাম পার্শ্বে অগ্নিনির্বাপণ যন্ত্র ও দ্রব্যাদি এবং যানবাহন পার্কিং-এর স্থান, ডান পার্শ্বে ধৌতকরণ বে (washing bay), ও চাকার হাওয়া প্রয়োগ প্ল্যান্ট আছে। মূল দালানটির দৈর্ঘ্য ৬০´—০´´ ও প্রস্থ ২৫´—০´´। উহাতে মোট ছয়টি কক্ষ রয়েছে। অফিস কক্ষটির সামনে ও পার্শ্বে কাচের দেওয়াল আছে। তার পাশের ঘরটিতে পিচ্ছিলকরণ তেল,

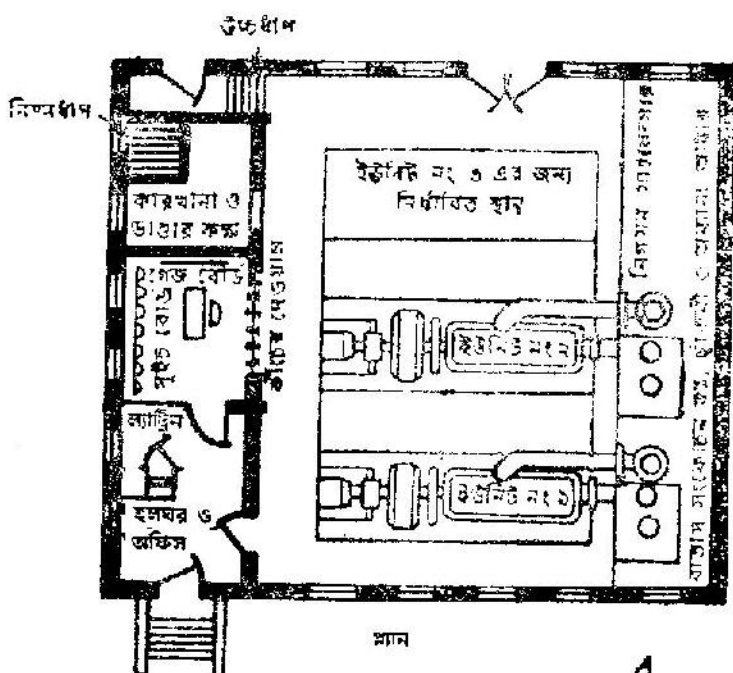
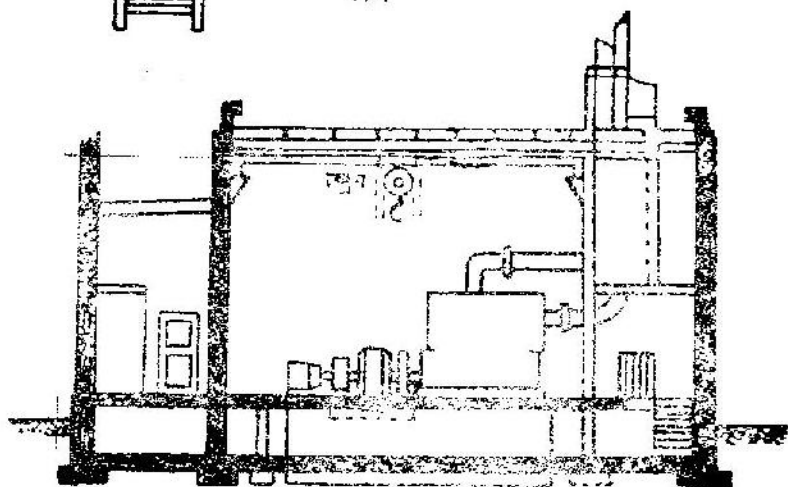
গ্রীজ, ব্রেক অয়েল, গিয়ার অয়েল প্রভৃতির ভাণ্ডার কক্ষ। একটি শয়ন কক্ষ, একটি চিত্তবিনোদন কক্ষ, একটি শৌচাগার ও স্নানাগার এবং অপর কক্ষটি সাধারণ ভাণ্ডার কক্ষ। সার্ভিস স্টেশনে পিছনের দিকে একটি সুইমিং পুলও রয়েছে। সার্ভিস স্টেশনের সামনের গোলচত্বরে একটি সুদৃশ্য ফুলের বাগান আছে।

চিত্র ৬.১৫ : একটি আধুনিক সার্ভিস স্টেশনের লে-আউট নকশা।

উত্তর

৬.১৫ চিত্রে একটি আধুনিক সার্ভিস স্টেশনের লে-আউট নকশা বা প্ল্যান অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে। এই ধরনের সার্ভিস স্টেশনকে অন্য কথায় ফিলিং স্টেশন নামেও আখ্যায়িত করা হয়।

শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের লে-আউট নকশা

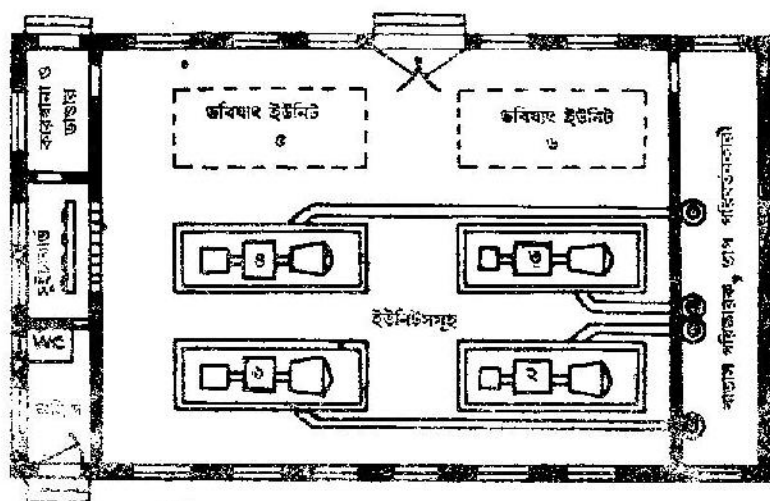
কোন শক্তি উৎপাদন কেন্দ্র স্থাপন করার সময় উহার প্ল্যান বা উপরের নকশা এবং সম্মুখ নকশা প্রদর্শনের প্রয়োজন হয়, উহাকেই শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের লে-আউট বলা হয়।

কর্তিত এলিভেশন (সম্মুখ)

চিত্র ৬.১৬ঃ একটি দুই ইউনিটবিশিষ্ট ডিজেল বিদ্যুৎ-কেন্দ্রের লে-আউট নকশা

বাংলাদেশে ডিজেল বিদ্যুৎ কেন্দ্র, গ্যাস-টারবাইন বিদ্যুৎ কেন্দ্র, তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্র এবং পানিবিদ্যুৎ কেন্দ্র রয়েছে; একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রও ব্যবহারের আওতায় আসছে। তাই, নিম্নে একে একে এই ধরনের শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের লে-আউট নকশা অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে।

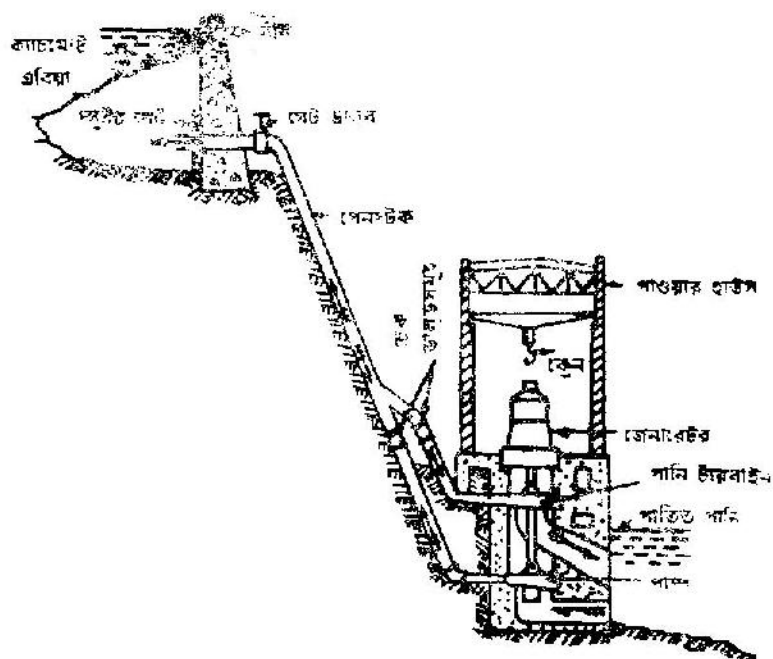
(ক) **ডিজেল বিদ্যুৎ কেন্দ্র :** একটি ডিজেল শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রর লে-আউট নকশা অঙ্কন করতে হবে যাতে প্ল্যান ও সম্মুখ নকশা থাকতে হবে। উক্ত বিদ্যুৎ কেন্দ্রের দুটি ইউনিট চালু রয়েছে এবং ভবিষ্যতে অপর একটি ইউনিট স্থাপনের নির্দিষ্ট জায়গা ও অপরাপর সুযোগ-সুবিধাও থাকতে হবে।

৬.১৬ চিত্রে একটি দুই-ইউনিটবিশিষ্ট (ভবিষ্যৎ ইউনিটের জায়গাসহ) ডিজেল বিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা এঁকে দেখানো হয়েছে। এই লে-আউট নকশা অন্যান্য লে-আউট নকশা থেকে কিছুটা ভিন্নতর। ইহাতে যন্ত্রপাতি স্থাপনের স্থান এবং সংযোজনের আকৃতি ও প্রকৃতি দেখানো হয়।

(খ) **গ্যাস-টারবাইন বিদ্যুৎ কেন্দ্র :** একটি গ্যাস-টারবাইন বিদ্যুৎ উৎপাদন কেন্দ্রের লে-আউট নকশা অঙ্কন করতে হবে, যাতে একটি ইউনিট কাজ করছে

চিত্র ৬.১৭ : একটি গ্যাস-টারবাইন বিদ্যুৎ-কেন্দ্রের লে-আউট নকশা।

এবং আরেকটি ইউনিট স্থাপনের জায়গা দেখাতে হবে। তদুপরি এই নকশায় প্ল্যান্ট পরিচালনার অন্যান্য সুযোগ-সুবিধারও স্থান নির্দেশ করতে হবে।

৬.১৭ চিত্রে একটি গ্যাস-টারবাইন বিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট অঙ্কন করে দেখানো হয়েছে, যাতে একটি ইউনিটের সংযোগ অবস্থা এবং ভবিষ্যৎ ইউনিটের জায়গা নির্দিষ্ট রয়েছে। এই প্ল্যান্টের লে-আউট নকশাতে শুধুমাত্র প্ল্যান দেখানো হয়েছে।

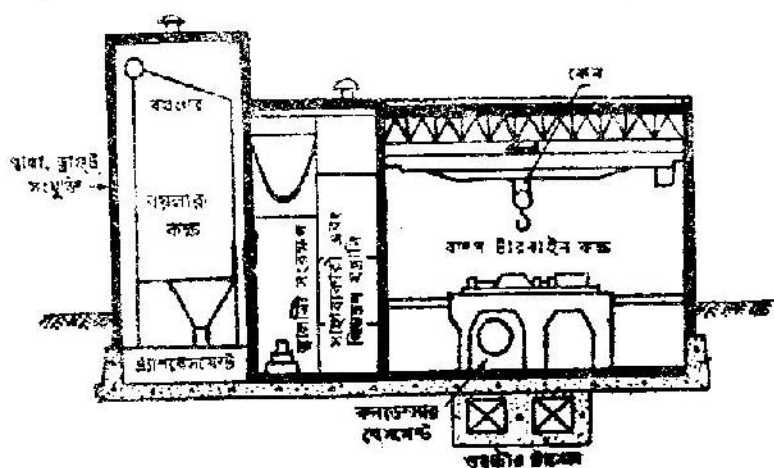
(গ) **পানিবিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা :** একটি পানিবিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা অঙ্কন করতে হবে, যেখানে প্ল্যান্টের মূল পানির আধারের পানির হেড বাড়ানোর জন্য টারবাইন শ্যাফটের সঙ্গে একটি পাম্প শ্যাফটের সংযোগ থাকে, যদিও টারবাইন ও পাম্প একই সঙ্গে কাজ করে না।

চিত্র ৬.১৮ : একটি পানিবিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা।

৬.১৮ চিত্রে একটি পানিবিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা এঁকে দেখানো হয়েছে, যাতে টারবাইন শ্যাফটের সঙ্গে পাম্প শ্যাফটেরও সংযোগ রয়েছে। এখানে উল্লেখ্য যে, যখন টারবাইন কাজ করে, তখন পাম্প লাইনের চেক ভাল্‌ভ বন্ধ অবস্থায় রাখা হয়। ফলে টারবাইন শ্যাফটের সঙ্গে পাম্প ঘুরলেও ইহা পানি উঠানোর কাজ করতে পারে না। যখন বাঁধে পানির হেড বাড়ানোর প্রয়োজন

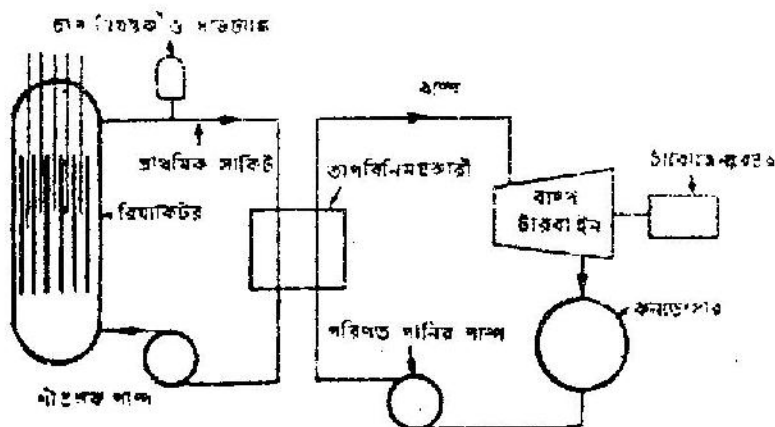
চিত্র ৬.১৯ : একটি কয়লা-ব্যবহৃত তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের ব্যবস্থাপনার লে-আউট নকশা।

হয়, তখন টারবাইনে পানি প্রবাহের চেক-ভাল্‌ভ বন্ধ রাখা হয় এবং জেনারেটরকে মোটর হিসেবে কাজ করানোর জন্য উহাতে বিদ্যুৎ শক্তি সরবরাহ করা হয়। ফলে, উহা দ্বারা টারবাইন ও পাম্প ঘোরে এবং তখন পাম্পের চেক-ভাল্‌ভ খোলা থাকে বলে উহা দ্বারা পানি ধাক্কাপ্রাপ্ত হয়ে চেক-ভাল্‌ভের মাধ্যমে বাঁধের আধারে যায় এবং এভাবে পানির হেড বাড়ায়।

(ঘ) **তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা :** একটি তাপ বা বাষ্প-বিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা অঙ্কন কর, যাতে পানির উৎস থেকে বিদ্যুৎ উৎপাদন যন্ত্র পর্যন্ত সকল যন্ত্রাদির সংযোগ থাকতে হবে। তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের যন্ত্রাদি ও আনুষঙ্গিক যন্ত্রপাতির সংখ্যা অন্যান্য সকল প্ল্যান্ট অপেক্ষা বেশি, তাই এই নকশায় কোন দালানকোঠা অঙ্কনের দরকার নেই।

৬.১৯ চিত্রে একটি কয়লা-ব্যবহৃত তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের ব্যবস্থাপনার লে-আউট নকশা এঁকে দেখানো হয়েছে। তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের মূল যন্ত্রাংশকে দালানের মধ্যে দেখিয়ে উহার লে-আউট নকশা অঙ্কন করা যায়, যা ৬.২০ চিত্রে দেখানো

চিত্র ৬.২০ : তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা।

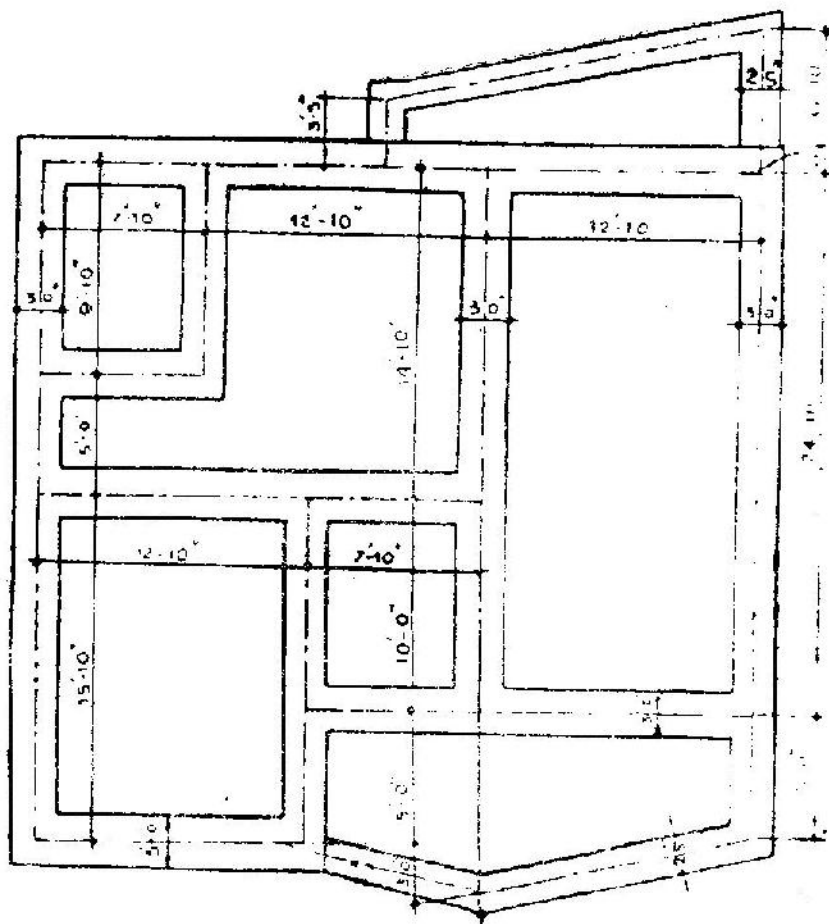
হয়েছে। এই নকশার প্ল্যান্টের দালানের মধ্যে বয়লারের বাষ্প লাইনের সঙ্গে বাষ্প-টারবাইন ও জেনারেটরের সংযোগ দেখানো হয়েছে এবং অন্যান্য যন্ত্রাংশ ও সাহায্যকারী যন্ত্রাংশকে প্ল্যান্টের দালানের বাইরে রাখা হয়েছে।

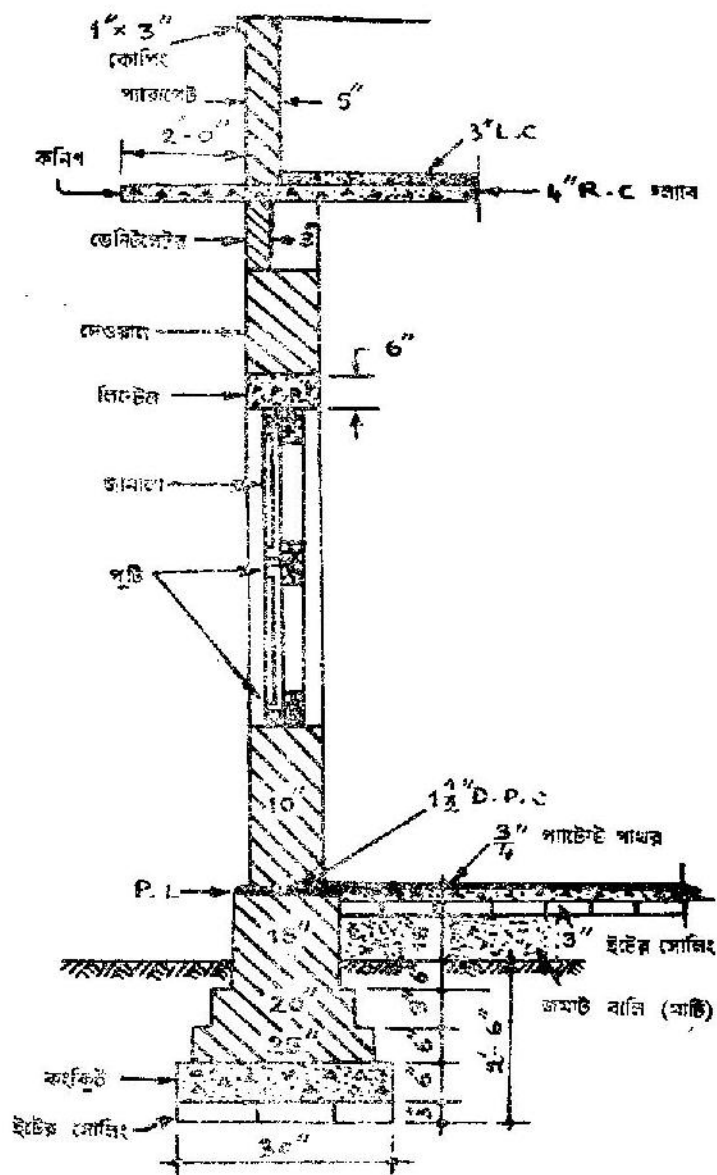
(ঙ) **পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা :** প্রকৃতপক্ষে পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্র তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের নামান্তর মাত্র এবং ইহাতে পারমাণবিক জ্বালানি ব্যবহৃত হয়। তাই তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের সঙ্গে ইহার কিছু পার্থক্য রয়েছে বিধায় একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ব্যবস্থাপনার লে-আউট নকশা অঙ্কন করে দেখাও।

চিত্র ৬.২১ : একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ব্যবস্থাপনার লে-আউট নকশা।

৬.২১ চিত্রে একটি পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রের ব্যবস্থাপনার লে-আউট নকশা অঙ্কন করে দেখানো হলো। পারমাণবিক বিদ্যুৎ কেন্দ্রে রিয়্যাক্টরের মধ্যে পারমাণবিক জ্বালানির শৃঙ্খল-বিক্রিয়া নিয়ন্ত্রণ করা কঠিন এবং ইহার তেজস্ক্রিয়তা মারাত্মক বিধায় প্ল্যান্টের দালান থেকে ইহার অবস্থান একটু দূরে থাকে। শুধু এই চুল্লীতে যে তাপ উৎপন্ন হয়, তাপবিনিময়কারী বা বয়লারে এই তাপের পরোক্ষ সংস্পর্শে পানি বাষ্পে পরিণত হয়। ফলে, বয়লার থেকে শক্তি উৎপাদন যন্ত্রের মধ্যে এই প্ল্যান্ট ও তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের মাঝে তুলনামূলকভাবে কোন পার্থক্য নেই। তাই, দালানের মধ্যে পারমাণবিক কেন্দ্রের লে-আউট নকশা দেখালে উহা তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের ৬.২০ চিত্রে লে-আউটের মতই দেখাবে।

ভিত্তি স্থাপনের লে-আউট নকশা

কোন প্ল্যান্টের দালানকোঠা স্থাপনের শুরুতে যে নকশা অঙ্কনের প্রয়োজন হয়, উহাকে ভিত্তি স্থাপনের লে-আউট নকশা বলে। দালানকোঠা নির্মাণের জন্য

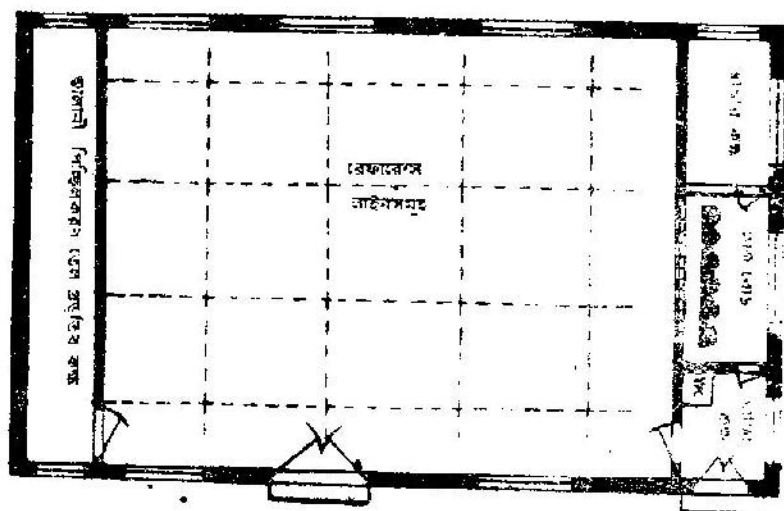
প্রথমে দালানের পরিমাপের প্ল্যান বা উপরের নকশা মোতাবেক ভিত্তি স্থাপনের খনন কার্য সম্পাদন করা হয়। ভিত্তিপ্রস্তরের নিচের অংশ যদি ৩০´´ ইঞ্চি চওড়া হয়, তাহলে খনন ক্ষেত্রটিও ৩০´´ ইঞ্চির কিছু বেশি চওড়া হতে হবে। ভিত্তি স্থাপনের খনন কার্য ও দালানকোঠা প্রস্তুত করতে দক্ষ জনশক্তির প্রয়োজন

চিত্র ৬.২২ প্ল্যান বা ভিত্তিস্থাপনের লে-আউট নকশা।

হয় এবং খনন ক্ষেত্রটি যাতে খাড়া ও নির্দিষ্ট পরিমাপের হয়, সেদিকে খেয়াল রাখতে হয়। খনন কার্যের পূর্বে তাই নির্দিষ্ট পরিমাপ অনুযায়ী দালানের সীমা নির্দিষ্ট

চিত্র ৬.২৩ঃ ভিত্তিপ্রস্তর স্থাপন এবং উহার উপর প্রস্তুত পার্শ্ব-দেওয়ালের পূর্ণতথ্য।

করে খুঁটি পুঁতে সেখানে দড়ি টাঙ্গানো হয়। ভিত্তিপ্রস্তরের কেন্দ্রবিন্দুকেই দেওয়ালের কেন্দ্রবিন্দু হিসেবে চিহ্নিত করা হয়। ৬.২২ চিত্রে একটি দালানের ভিত্তি স্থাপনের প্ল্যান বা লে-আউট নকশা এঁকে দেখানো হয়েছে।

ভিত্তি স্থাপনের খননকার্য শেষ হলে ভিত্তিপ্রস্তর স্থাপন ও পার্শ্ব-দেওয়ালসহ দালানের অন্যান্য কার্য-সম্পাদনের পদক্ষেপ গ্রহণ করা হয়। ৬.২৩ চিত্রে একটি দালানের ভিত্তিপ্রস্তর স্থাপন এবং উহার উপর তৈরি পার্শ্ব-দেওয়ালের পরিমাপ ও পূর্ণ তথ্যসহ উল্লেখ করা হয়েছে। যে কোন দালানকোঠা নির্মাণের কাজে এই ধরনের ভিত্তি স্থাপন এবং উহার উপর ইটের সোলিং, ঢালাই ইটের গাঁথুনি কাজ, মেঝে প্রস্তুত, জানালা, দরজা ও ভেন্টিলেটর সংযুক্তকরণ, কার্নিশ, প্যারাপেট, কোপিং, ছাদ ও জলছাদ প্রভৃতি প্রস্তুতের কার্যাবলী সম্পাদন করা হয়। তবে, বহুতল ও মজবুত দালানকোঠা নির্মাণের জন্য আরও গভীর ও প্রশস্ত ভিত্তিপ্রস্তর ব্যবহার করা হয়।

লে-আউট নকশায় রেফারেন্স লাইনের ব্যবহার

কোন কারখানা, শক্তি উৎপাদন কেন্দ্র, শপ অথবা পরীক্ষাগার প্রভৃতি দালান-কোঠা প্রস্তুতের পর উহার মেঝে, দেওয়াল ও ছাদে বিভিন্ন প্রকার যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক যন্ত্রপাতি স্থাপন ও সংযোজন কার্য সম্পাদন করা হয়। এই দালানের

চিত্র ৬.২৪ : একটি পাওয়ার শপে যন্ত্রপাতি স্থাপনের জন্য রেফারেন্স লাইন।

মেঝে, দেওয়াল অথবা ছাদে যন্ত্রাদি স্থাপনের জন্য যে দাগ টেনে উহার কেন্দ্র-বিন্দু নির্ধারণ করা হয়, উক্ত কেন্দ্রবিন্দুর দাগ বা দাগসমূহকে রেফারেন্স লাইন (reference line) বলা হয়। ৬.২৪ চিত্রে একটি পাওয়ার শপের লে-আউট নকশার মধ্যে বিভিন্ন যন্ত্রপাতি স্থাপনের জন্য রেফারেন্স লাইনের ব্যবহার দেখানো হয়েছে।

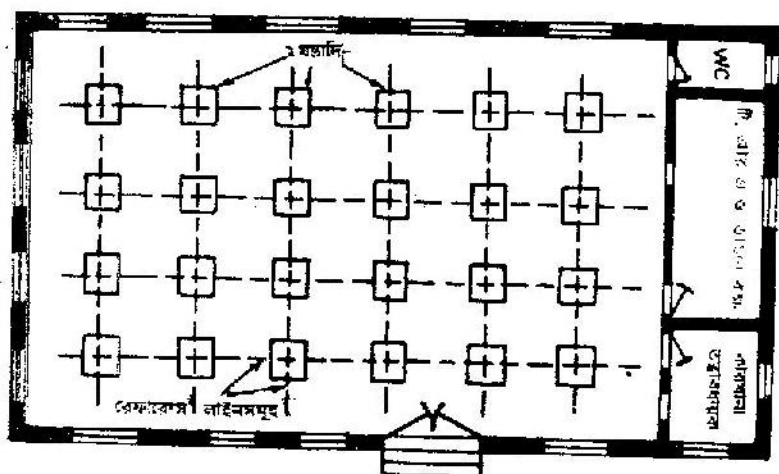
রেফারেন্স লাইনের নির্দেশ মোতাবেক যন্ত্রপাতি স্থাপন করা হলে প্ল্যান্ট পরিচালনা ও ব্যবস্থাপনার কাজে সুবিধা হয়, অন্যথায় এই লাইন ব্যতিরেকে এলোপাথাড়িভাবে যন্ত্রপাতি স্থাপন করলে চলাফেরা ও কাজে-কর্মে প্রচণ্ড অসুবিধা হয়; যা পরবর্তীতে যে কোন রকম দুর্ঘটনা ঘটতে পারে। দেওয়াল অথবা ছাদে একই রকম রেফারেন্স লাইন টেনে যন্ত্রাদির যন্ত্রাংশ সংযোজন ও বৈদ্যুতিক সংযো-গের কার্য সম্পাদন করা। হয়।

সংস্থাপন নকশা (Installation drawing)

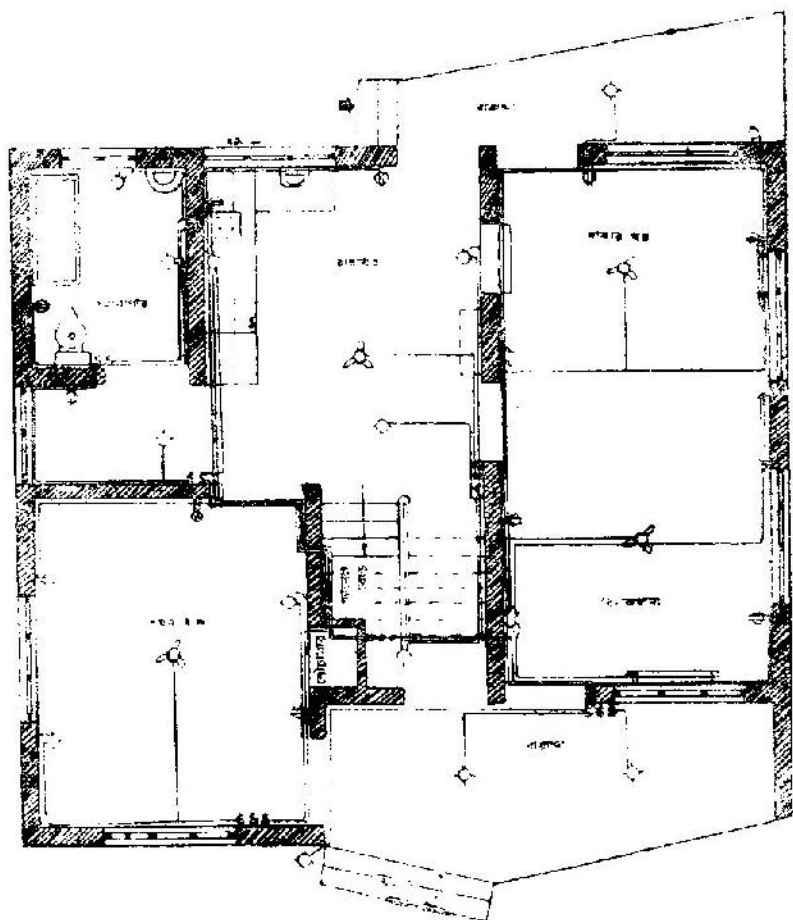
এই ধরনের বিভিন্ন নকশাদি নিম্নরূপ :

(ক) **যান্ত্রিক যন্ত্রাদি স্থাপনের নকশা :** কোন যান্ত্রিক কারখানা অথবা প্ল্যান্টের মেঝে এবং অন্যান্য স্থানে রেফারেন্স লাইন টেনে যান্ত্রিক যন্ত্রাদি স্থাপন করা হয় এবং এই যন্ত্রাদি স্থাপনে যে নকশা অনুসরণ করা হয়, তাকে যান্ত্রিক যন্ত্রাদি স্থাপনের নকশা বলা হয়। যান্ত্রিক যন্ত্রাদি বলতে ইঞ্জিন, ছিদ্রকরণ যন্ত্র, করাত-কল, গ্রাইন্ডিং যন্ত্র, হোনিং যন্ত্র, বোরিং যন্ত্র, ইঞ্জিন পরীক্ষণ যন্ত্র, ইনজেক্টর পরীক্ষণ যন্ত্র, পাম্প, টারবাইন প্রভৃতি বুঝায়। এই যন্ত্রাদি একটি বড় শপের মধ্যে স্থাপন করতে নির্দিষ্ট লাইন অনুসরণ করা হয়। তাছাড়া একই ধরনের যন্ত্রাদি একাধিক হলে উহাদেরকে নির্দিষ্ট দূরত্ব বজায় রেখে পাশাপাশি স্থাপন করা হয়।

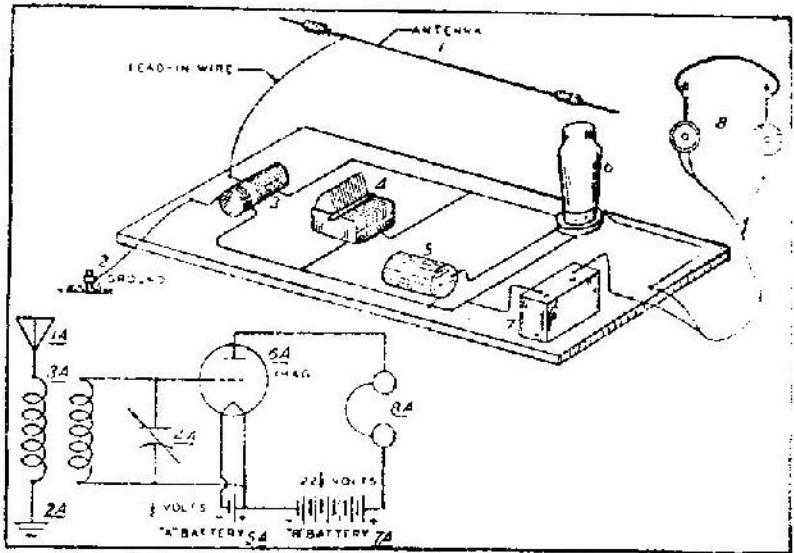
যান্ত্রিক যন্ত্রাদির ওজন, ক্ষমতা, ঘূর্ণনগতি আকৃতি ও প্রকৃতি প্রভৃতি বিবেচনা করে স্থাপন করার জন্য বিভিন্ন আকৃতির ভিত্তিপ্রস্তর, ধারক, নাট ও বোল্ট প্রভৃতি ব্যবহার করা হয়। যে যন্ত্রাদি ঘূর্ণনে অধিক কম্পন হয় সেগুলোর জন্য ভিত্তিপ্রস্তর ও ধারক তত বেশি মজবুত হওয়া বাঞ্ছনীয়। ছোট ও কম ক্ষমতার যন্ত্রাদি অনেক সময় কাজের টেবিলের উপরেও স্থাপন করা চলে, আবার কতকগুলিকে কংক্রিটের ভিত্তি প্রস্তুত করে নাট-বোল্টের মাধ্যমে সেখানে স্থাপন করা হয়। ৬.২৫ চিত্রে একটি কারখানা অথবা শপে রেফারেন্স লাইনের মাধ্যমে কিছু যন্ত্রপাতি স্থাপনের ভিত্তি প্রস্তরের নকশা দেখানো হয়েছে।

মূলতঃ কোন কারখানা অথবা শপের লে-আউট নকশার মধ্যেই রেফারেন্স লাইন টেনে যান্ত্রিক যন্ত্রাদি স্থাপন করা যায়। অবশ্য অধিকাংশ যান্ত্রিক যন্ত্র বৈদ্যুতিক মোটর দ্বারা পরিচালনা করা হয়। তাই যান্ত্রিক যন্ত্রাদি দেখাতে গিয়ে দুই/একটি বৈদ্যুতিক যন্ত্রও এসে যায়।

চিত্র ৬.২৫ : একটি কারখানায় যান্ত্রিক যন্ত্রাদি স্থাপনের নকশা।

(খ) **বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি স্থাপনের নকশা :** কোন বৈদ্যুতিক অথবা যান্ত্রিক কারখানায় কক্ষের মেঝে, দেওয়াল অথবা ছাদের সঙ্গে বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি স্থাপন করতে যে নকশা অনুসরণ করা হয়, উহাকে বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি স্থাপনের নকশা বলা হয়। বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি বলতে সুইচ বোর্ড, প্যানেল বোর্ড, বৈদ্যুতিক মোটর, সুইচ গিয়ার, উপবিদ্যুৎ কেন্দ্র ও শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের নিয়ন্ত্রণ যন্ত্রাদি, বৈদ্যুতিক বাতি ও পাখা, বৈদ্যুতিক ওয়্যারিং, বৈদ্যুতিক জেনারেটর, অ্যামিটার, ভোল্টমিটার, ওয়াট আওয়ার মিটার, সিনক্রোস্কোপ, ফ্রিকুয়েন্সী মিটার, কলিং বেল, ট্রান্স-ফরমার, সার্কিট ব্রেকার, হাইটেনশন লাইন, লো-টেনশন লাইন, প্রভৃতি বুঝায়। অধিকাংশ যান্ত্রিক যন্ত্র পরিচালনা করতে বৈদ্যুদিক মোটর ব্যবহৃত হয়। আবার ইঞ্জিন অথবা টারবাইন দ্বারা বৈদ্যুতিক জেনারেটরকে ঘূর্ণনগতি প্রদান করা হয়। সেক্ষেত্রে যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদির সমন্বিত নকশাকে যৌগ নকশা নামে আখ্যায়িত করা হয়।

বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি স্থাপন করতেও কারখানায় মেঝে, দেওয়াল ও ছাদে রেফারেন্স লাইন টানা হয়। রেফারেন্স লাইন টানার জন্য বিভিন্ন বা ভিন্ন ধরনের রং ব্যবহার

চিত্র ৬.২৬ : একটি বাড়িতে বৈদ্যুতিক ওয়্যারিং ও যন্ত্রাদি সংযোজনের লে-আউট নকশা।

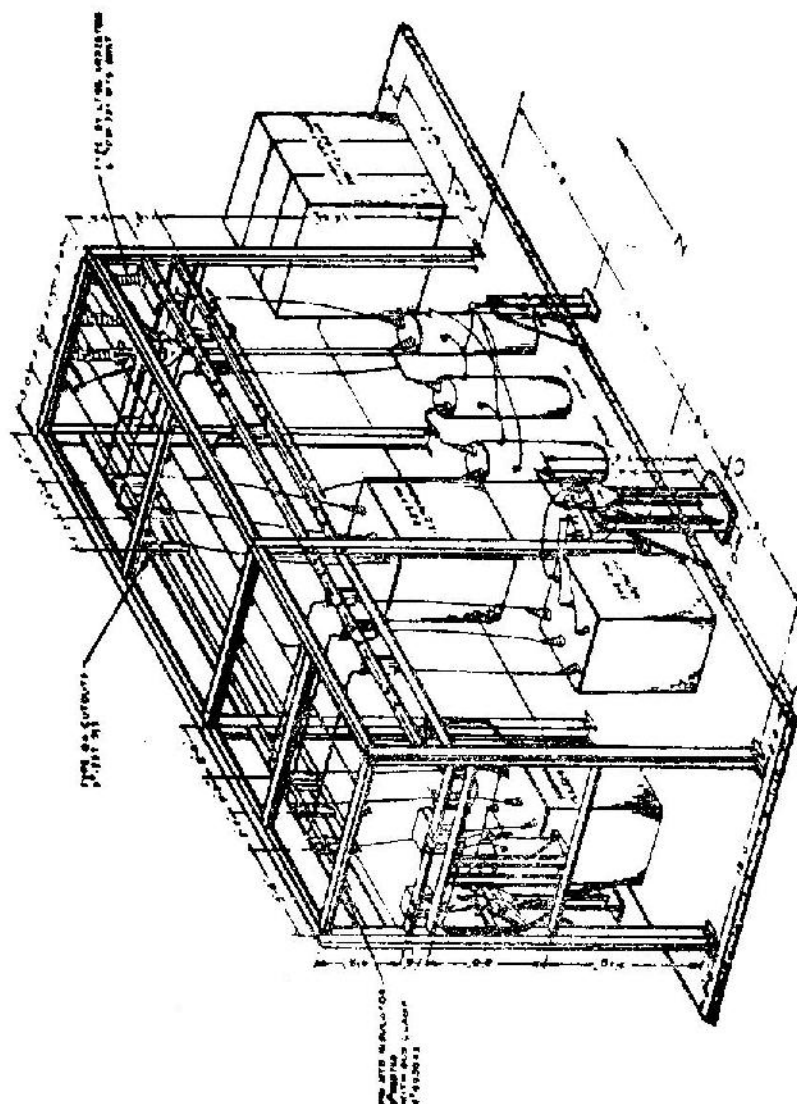
করা হয় এবং উহার সরলতার দিকে বিশেষ খেয়াল রাখার প্রয়োজন হয়। ৬.২৬ চিত্রে একটি বাড়িতে বৈদ্যুতিক ওয়্যারিং ও যন্ত্রাদি সংযোজনের লে-আউট নকশা দেখানো হয়েছে। উক্ত নকশায় ব্যাটেন ওয়্যারিং দেখানো হয়েছে।

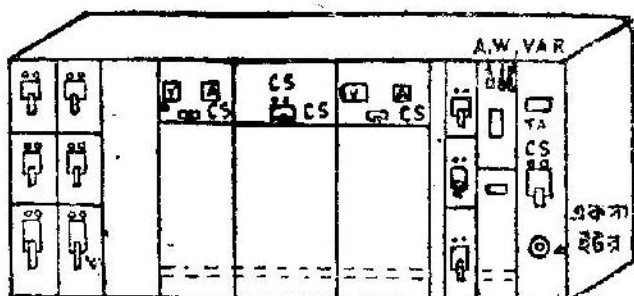
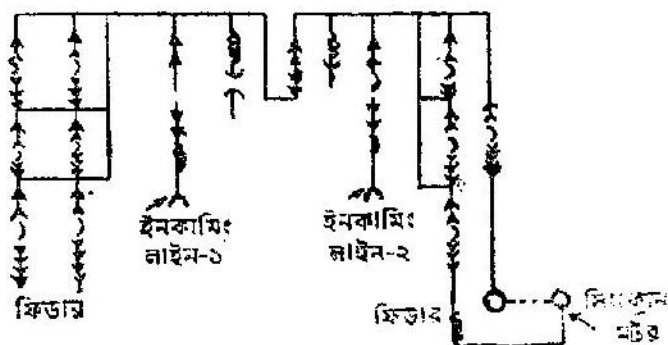
কোন কোন বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি ওজনে হাল্কা হওয়ায় উহাদের সেটের যে কোন একটি অথবা সকল যন্ত্রাদির কোন কাষ্ঠনির্মিত বোর্ড, হার্ডবোড, প্লাস্টিক বোর্ড,

চিত্র ৬.২৭ : একটি বোর্ডের উপর সংযোজিত সাধারণ বেতার যন্ত্রের গ্রাহকের লে-আউট নকশা।

ফাইবার নির্মিত বোর্ড প্রভৃতিতে নাট ও বোল্টের সাহায্যে সংযুক্ত করা হয়। যেমন সুইচ বোর্ডকে কাঠের ব্লক, প্যানেল বোর্ড ধাতব ব্লক, রেডিও রিসিভারকে প্লাস্টিক বা হার্ডবোর্ড প্রভৃতির সঙ্গে সংযুক্ত করা হয়। ৬.২৭ চিত্রটি একটি বোর্ডের উপর সংযোজিত সাধারণ বেতার যন্ত্রের গ্রাহকের লে-আউট নকশা।

(গ) **ট্রান্সফরমার ইয়ার্ডের স্থাপন নকশা** : একটি ইয়ার্ডের সঙ্গে ট্রান্সফরমার এবং উহার যন্ত্রাংশ, ইনপুট ও আউটপুট তারের সংযোজন, রক্ষণ যন্ত্র (protective device) প্রভৃতিকে সঠিকভাবে সংযোগ স্থাপন করার জন্য ট্রান্সফরমার ইয়ার্ডের স্থাপন নকশা প্রদর্শনের প্রয়োজন হয়। ইয়ার্ডের ধারক নির্মাণ করার জন্য কংক্রিট বা ঢালাই ব্লক এবং খাড়াদণ্ড হিসেবে ধাতব এঙ্গেলবার ব্যবহার করা হয়।

একটি ইয়ার্ডের সঙ্গে একাধিক স্টেপ-আপ ও স্টেপ-ডাউন ট্রান্সফরমার ফিডার, উচ্চভোল্টেজ সুইচ গিয়ার প্রভৃতির সংযোগও থাকে। ৬.২৮ চিত্রে একটি

ট্রান্সফরমার ইয়ার্ডের স্থাপন নকশা দেখানো হয়েছে। এই ইয়ার্ডের ধাতব দণ্ডগুলি যাতে একটি অপরটির সঙ্গে তড়িতান্বিত (electrified) না হয়ে যায়, সেদিকে বিশেষ দৃষ্টি রাখা প্রয়োজন।

চিত্র ৬.২৭ : একটি ট্রান্সফরমার ইয়ার্ডের স্থাপন নকশা।

(ঘ) **সুইচ গিয়ার স্থাপন নকশা :** বিভিন্ন পরিমাপের ভোল্টেজ লাইনে সুইচ গিয়ারের সংযোগ থাকে এবং ইহা কোন শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের বিদ্যুৎ শক্তি উৎপাদন, সরবরাহ, বণ্টন, ভোল্টেজ কম থেকে বেশি অথবা বেশি থেকে কম করার লাইনে নিয়ন্ত্রণ যন্ত্র হিসেবে ব্যবহৃত হয়। তদুপরি ইহা সুইচিং ও মিটারিং এবং রক্ষণ যন্ত্র হিসেবেও কাজ করে থাকে।

চিত্র ৬.২৯ : একটি সুইচ গিয়ার সংযোজিত নকশা।

কম, মধ্যম ও উচ্চ ভোল্টেজ সুইচ গিয়ারে বিভিন্ন ধরনের বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি ব্যবহৃত হয়। ৬.২৯ চিত্রে একটি সম্পূর্ণ সুইচ গিয়ার ইউনিট স্থাপনোপযোগী সংযোজিত ও ওয়্যারিং নকশা দেখানো হয়েছে। উহার উপরের দিকে সুইচ গিয়ারের হাউজিং এবং নিচের দিকে বৈদ্যুতিক লাইনের সংযোজন নকশা অবস্থান করছে।

যন্ত্রাদি স্থাপনের পরিদর্শন প্রতিবেদন

কোন একটি কারখানা, শিল্প-প্রতিষ্ঠান, শক্তি উৎপাদন কেন্দ্র প্রভৃতিতে বিভিন্ন প্রকার কার্য সম্পাদনের জন্য যান্ত্রিক ও বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি স্থাপন করা হয় এবং যন্ত্রাদি প্রস্তুতকরণ সংস্থা এবং যন্ত্রাদি স্থাপন কার্যের অভিজ্ঞ ব্যক্তিবর্গের যৌথ অথবা একক কর্মতৎপরতায় এই সকল যন্ত্রের স্থাপনকার্য সম্পাদন করা হয়। যে প্রতিষ্ঠানে যন্ত্রাদি স্থাপন করা হয়, সেই প্রতিষ্ঠানের ঊর্ধ্বতন কর্মকর্তা, তত্ত্বাবধায়ক প্রকৌশলী প্রভৃতি ব্যক্তিবর্গ যন্ত্রাদি স্থাপনকার্য পরিদর্শন করে থাকেন। এই পরিদর্শনকালে তিনি যন্ত্রাদি স্থাপনের লে-আউট নকশা এবং প্রস্তুতকারক সংস্থার যথাযথ নির্দেশিকা স্মরণ রেখে কার্য সম্পাদনের যথাযথ পদক্ষেপ গ্রহণ করেন। যন্ত্রাদি স্থাপন কাজের সময় কোন অসুবিধা দেখা দিলে তিনি কার্যক্ষেত্রের প্রকৌশলী, ফোরম্যান, দক্ষ কারিগর প্রভৃতি ব্যক্তিবর্গের সঙ্গে আলোচনা করে এবং কাজের প্রকৃত অবস্থা জেনে তাঁর ঊর্ধ্বতন কর্তৃপক্ষের নিকট পরিদর্শন প্রতিবেদন প্রদান করেন। এই প্রতিবেদন নিম্নরূপ :

প্রতিবেদন—১

বরাবর
মহাপরিচালক
কারিগরি শিক্ষা পরিদপ্তর
বাংলাদেশ, ঢাকা।

বিষয় : ময়মনসিংহ পলিটেকনিক ইনস্টিটিউটের পাওয়ার শপে কিছু যন্ত্রপাতি স্থাপনের অসুবিধা প্রসঙ্গে পরিদর্শন প্রতিবেদন।

ময়মনসিংহ পলিটেকনিক ইনস্টিটিউটের অধ্যক্ষের অফিস নির্দেশের স্মারক নং যন্ত্র স্থাপন/৭২৫, তাং ২০.৩.৮৪ ইং এবং যন্ত্র স্থাপন/৭২৬, তাং ২১.৪.৮৪ ইং মোতাবেক সেই প্রতিষ্ঠানের পাওয়ার শপে কিছু যন্ত্র স্থাপনে অসুবিধা দেখা দিয়েছে। অদ্য ২৬.৪.৮৪ ইং তারিখে সেখানে উপস্থিত হয়ে আমি সেই অসুবিধা সরেজমিনে তদন্ত করি এবং এ ব্যাপারে আমার মন্তব্য নিম্নরূপ :

(ক) ইংল্যাণ্ডের আর্মফিল্ড কোম্পানী থেকে যে থার্মাল প্ল্যান্টটি ময়মনসিংহ পলিটেকনিকে এসেছে, এর সঙ্গে কোন ম্যানুয়েল এবং দহন প্রক্রিয়ার কিছু যন্ত্রাংশ আসে নি, ফলে উহা স্থাপনে অসুবিধা দেখা দিয়েছে। এ ব্যাপারে

ইংল্যান্ডের আর্মফিল্ড কোম্পানীকে অবগত ও যথাযথ ব্যবস্থা গ্রহণের জন্য অনুরোধ করা যেতে পারে।

(খ) উক্ত যন্ত্রাদির ম্যানুয়েল এবং যন্ত্রাংশ সংগ্রহের সঙ্গে সঙ্গে ইংল্যান্ডের আর্মফিল্ড কোম্পানীর এক বা একাধিক বিশেষজ্ঞকে এখানে উপস্থিত হয়ে যন্ত্রটি স্থাপন করার পর উহা চালু করে আমাদের বিশেষজ্ঞকে বুঝিয়ে দিয়ে যাবার জন্য সেই সংস্থাকে অনুরোধ করা যায়।

এ ব্যাপারে যথাযথ নির্দেশ দানে বাধিত করবেন।

জ্ঞাতার্থে ও যথাযথ কার্যার্থে অনুলিপি :
১। অধ্যক্ষ, পলিটেকনিক ইনস্টিটিউট, ময়মনসিংহ।
২। রাষ্ট্রদূত, ইংল্যান্ডের দূতাবাস, ১১/৩ গুলশান, ঢাকা।

স্বাক্ষরিত / ২৪.৪.৮৫ ইং
প্রকল্প পরিচালক
বাংলাদেশ কারিগরি শিক্ষা
অধিদপ্তর, ঢাকা।

ইকুইপমেন্ট অফিসার
কারিগরি শিক্ষা পরিদপ্তর,
বাংলাদেশ, ঢাকা।

প্রতিবেদন—২

বরাবর
নির্বাহী প্রকৌশলী
বিদ্যুৎ উন্নয়ন বোর্ড
ময়মনসিংহ।

বিষয় : ফুলবাড়ীয়া উপবিদ্যুৎ কেন্দ্র এলাকার একটি সুইচ গিয়ার স্থাপনের সমস্যা ও উহা সমাধান প্রসঙ্গে।

সূত্র : আপনার পত্রের স্মারক নং—যন্ত্রাদি স্থাপন/২২৩ তাং— ২৬.৫.৮৪ ইং

আপনার সঙ্গে ইতিপূর্বে টেলিফোনে আলাপ ও আপনার পত্র মোতাবেক আমি অদ্য ৩০.৫.৮৪ ইং তারিখে ফুলবাড়ীয়া উপবিদ্যুৎ কেন্দ্র পরিদর্শন করি এবং সেখানকার ত্রুটিযুক্ত সুইচ গিয়ারটি স্থানান্তর করে তথায় নতুন সুইচ গিয়ার

স্থাপনের পদক্ষেপ গ্রহণ করি। সেখানকার তত্ত্বাবধায়ক প্রকৌশলীর সঙ্গে আলাপ করে জানতে পারলাম যে, উক্ত উপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের তিনটি ফিডারও জ্বলে গিয়েছে। সেজন্য নতুন সুইচ গিয়ারটি স্থাপনের সঙ্গে সঙ্গে উক্ত ফিডার তিনটিও পরিবর্তন করে নতুন ফিডার সংযুক্ত করা দরকার। তদুপরি পল্লী বিদ্যুতায়ন সমিতি আরও ১.৫ মেগাওয়াট বৈদ্যুতিক চাহিদা দাবি করায়, সেখানে আরও একটি স্টেপ-আপ ট্রান্সফরমারসহ আনুষঙ্গিক যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হবে। পরবর্তীতে ফুলবাড়ীয়া উপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের এই উন্নয়ন কাজের সমুদয় খরচ ও প্রয়োজনীয় যন্ত্রপাতির হিসাব পেশ করছি।

এ ব্যাপারে আপনার সহৃদয় অবগতি ও যথাযথ ব্যবস্থা গ্রহণার্থে এ পত্র প্রেরিত হলো। এখানে উল্লেখ্য যে, গত ৩/৪ দিন যাবৎ ফুলবাড়ীয়াতে বৈদ্যুতিক শক্তি সরবরাহ বন্ধ রয়েছে, ফলে ত্বরিত ব্যবস্থা গ্রহণ করা প্রয়োজন।

স্বাক্ষরিত
৩০.৫.৮৪ ইং
(মোঃ আবদুর রাজ্জাক)
আবাসিক প্রকৌশলী
ফুলবাড়ীয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ
ময়মনসিংহ।

জ্ঞাতার্থে ও যথাযথ কার্যার্থে অনুলিপি:
১। বাবু এন. আর. হোড়
আবাসিক প্রকৌশলী, ময়মনসিংহ
২। জনাব মোঃ আবদুর রহমান
এস. ডি. ও. ফুলবাড়ীয়া।

(মোঃ আবদুর রাজ্জাক)
আবাসিক প্রকৌশলী
ফুলবাড়ীয়া বিদ্যুৎ সরবরাহ।

প্রিন্টিং বা মুদ্রণ (Printing)

ইহার বাংলা আভিধানিক অর্থ 'মুদ্রণ প্রক্রিয়া' সুতরাং যে প্রক্রিয়ার মাধ্যমে বিভিন্ন প্রকার প্ল্যান্ট বা কারিকরী নকশাসমূহের প্রতিলিপি তৈরি করা হয় উহাকে মুদ্রণ বা প্রিন্টিং বলে। সাধারণত নীল নকশা মুদ্রণ (blue print drawing)-এর মাধ্যমেই প্ল্যান্ট নকশা প্রস্তুত করা হয়। মূলতঃ প্ল্যান্ট নকশা প্রস্তুতের শেষের ধাপই হলো 'নীল নকশা'।

'নীল নকশা' কথাটি, নকশাটির রং থেকেই এসেছে। সুতরাং কোন অঙ্কন কাগজে যদি মূল নকশা বা দৃশ্যের রং নীল এবং অঙ্কন-কাগজের রং সাদা,

তামাটে অথবা বাদামী রং ধারণ করে; উহাকেই নীল নকশা বলা হয়। ক্ষেত্র-বিশেষে কোন কোন নীল নকশায় মুদ্রণ কাগজের রং নীল এবং নকশার দাগ সাদা দেখা যায়। এই নকশা প্রস্তুতের পূর্বে অঙ্কন কাগজে পেন্সিলের সাহায্যে প্ল্যান্টের পেন্সিলিং নকশা প্রস্তুত করা হয়, উক্ত পেন্সিলের দাগের উপর দিয়ে ইঙ্কিং কালি দিয়ে কালির দাগ আরোপ করা হয়, এর পর সেই শীটের উপরে ট্রেসিং কাগজ রেখে কালি দিয়ে ট্রেসিং করা হয়। শেষে এই ট্রেসিং কাগজের নকশা, নীল নকশার রাসায়নিক কাগজ, নীল নকশা প্রস্তুতের যন্ত্রাদি প্রভৃতির সমন্বয়ে তাপ বিকিরণের মাধ্যমে নীল নকশা মুদ্রণ বা প্রস্তুত করা হয়। ট্রেসিং কাগজের নকশা থেকে এই পদ্ধতিতে একাধিক প্ল্যান্ট নকশা প্রস্তুত করা হয়।

মুদ্রণের গুরুত্ব

বিভিন্ন ধরনের উন্নয়নমূলক কাজে নীল নকশা প্রয়োজনের খাতিরে সম্মান ও জনপ্রিয়তার সঙ্গে ব্যবহার করা হয় বলে, নীল নকশার গুরুত্ব অপরিসীম। পূর্বেই আলোচনা করা হয়েছে যে, প্ল্যান্টের মূল ও ট্রেসিং নকশা সঠিক হলে নীল নকশাও সঠিক হবে; অপরদিকে মূল ও ট্রেসিং নকশা ভুল হলে নীল নকশাও ভুল হবে। সেজন্য নীল নকশা প্রস্তুতের আগেই অভিজ্ঞ ব্যক্তি বা ব্যক্তি-বর্গের দ্বারা মূল ও ট্রেসিং নকশার সঠিকতা যাচাই করে নিতে হয়।

যখন কোন গবেষণা সংস্থা কোন দালানকোঠা, যন্ত্রপাতি প্রভৃতির সুন্দর ও আধুনিক নকশা প্রণয়ন করেন; তখন উহাকে নীল নকশার রূপদান করে প্রথমতঃ নিজেদের পরিবেশে উহার বাস্তবতার রূপ দেন। অতঃপর অন্যান্য উন্নত বা উন্নয়নশীল দেশ এই নকশাকে কার্যকরী নকশা হিসেবে গ্রহণ করে তাদের দেশে উক্ত নকশার বাস্তব রূপ দেওয়ার পদক্ষেপ গ্রহণ করেন। সুতরাং নীল নকশা এমন একটি কার্যকরী নকশা, যা কোন দেশের উন্নয়ন কাজে সরাসরি ব্যবহৃত হয়। সেজন্য কোন প্ল্যান্টের নীল নকশা যথাযথ যত্নের সাথে সংরক্ষণ করা হয়। নীল নকশার শীটের কোথাও কেটে গেলে অথবা বিবর্ণ হয়ে গেলে উহার উপর ট্রেসিং কাগজ এঁটে কালি দিয়ে নকশা এঁকে উহাকে আবার নীল নকশায় পরিণত করা হয়। উন্নয়ন কাজের জন্য একটি নকশার প্রয়োজন হলেও নীল নকশা প্রস্তুতকালে দুই বা ততোধিক সংখ্যক নকশা একই সময়ে প্রস্তুত করে সংরক্ষণ করে রাখা হয়।

প্ল্যান্টের নীল নকশা সম্বন্ধে সম্যকধারণা না থাকলে উহার গুরুত্ব উপলব্ধি করা যায় না। সেজন্য কেউ যদি প্ল্যান্ট স্থাপনে আংশিক নীল নকশা এর

আংশিক নির্ভর বা অন্যের ধারণায় কার্য সম্পাদন করে, তাহলে সেই প্ল্যান্টের কার্য-কারিতার ব্যাপারে যথেষ্ট সন্দেহ থাকে। আবার নীল নকশার দাগগুলির ব্যাপারে যেসব কারিগরের সম্যকধারণা নেই, তাদের দ্বারা সেই প্ল্যান্ট স্থাপন কার্য সম্পাদন করলেও উহার ফলপ্রসূর ব্যাপারে সন্দেহ থাকে। উদাহরণস্বরূপ, আমাদের বা অনেক উন্নয়নশীল দেশে অর্থনৈতিক দুরবস্থা বা অর্থ বাঁচানোর জন্য, অনেকেই নীল নকশা বা নীল নকশার নির্দেশ ব্যতিরেকে হাতের আন্দাজে অনেক দালান-কোঠা, রাস্তাঘাট, বাঁধ প্রভৃতি নির্মাণ করে থাকে; অথচ অনেক ক্ষেত্রে কাঁচা কাজের জন্য স্বল্পকাল পরেই উহা বিধ্বস্ত হয়ে যায়। এজন্য শুধু অর্থের অপচয়ই হয় না, বরং অনেক জীবনহানিও ঘটে।

সেজন্য আমরা দেখতে পারি যে, এই ধরনের অপচয় ও জীবনহানি রোধ করার জন্য হাউস বিল্ডিং কর্পোরেশন অব বাংলাদেশ এবং অন্যান্য দেশের হাউজ বিল্ডিং সংস্থার কোন প্ল্যান্ট বা ঘরবাড়ি নির্মাণের জন্য যথাযথ নীল নকশা ব্যতিরেকে হাউজ বিল্ডিং-এর ঋণ মঞ্জুর করে না। ইহা যে নিঃসন্দেহে একটা বাস্তব ও ফলপ্রসূ পদক্ষেপ, এতে সন্দেহের কোন অবকাশ নেই।

সেজন্য মন্তব্যে বলা যায় যে, কোন দালানকোঠা, রাস্তাঘাট, মোটরযান, বৈদ্যুতিক জেনারেটর, এরোপ্লেন, লেদযন্ত্র প্রভৃতি প্রস্তুতকালে উহার সঠিক নীল নকশা অনুসরণ করা যুক্তিযুক্ত।

প্রতিলিপি-নকশা

পূর্বেই আলোচনা করা হয়েছে যে, কোন প্ল্যান্টের মূল বা ট্রেসিং নকশা থেকেই নীল নকশা প্রস্তুতপ্রণালী অথবা অন্যান্য মুদ্রণ প্রক্রিয়ার মাধ্যমে উহার একাধিক কপি তৈরি করা হয়। এই নকশাকেই প্রতিলিপি নকশা বলে।

প্রকারভেদ ও বর্ণনা

ইহাকে নিম্নবর্ণিতভাবে শ্রেণীভেদ করা হয়, যেমন:

১। নীল নকশা, ইহা আবার দুই প্রকার, যথা:
   (ক) ফেরু প্রিন্ট নকশা এবং
   (খ) অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা।

২। ডায়াজিড কপিং বা আধাশুষ্ক প্রিন্টিং নকশা,

৩। ভ্যানডাইক কপিং নকশা,

৪। ফটোস্ট্যাট কপিং নকশা,

৫। মিমিওগ্রাফ বা হেকটোগ্রাফ নকশা,

৬। অফসেট প্রিন্টিং নকশা, প্রভৃতি। নিম্নে বিভিন্ন প্রকার প্রতিলিপি নকশা সম্বন্ধে বিস্তারিতভাবে বর্ণনা করা হয়েছে। ৬.৩০ চিত্রে (পৃঃ ২৫৭ ও ২৫৮) প্রতিলিপি নকশাত্রয় দেখানো হয়েছে যথা : নীল, ফেরুপ্রিন্ট ও আধাতক প্রিন্টিং উহার উদাহরণ। এই নকশাসমূহ প্রস্তুতে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা হয়।

১। (ক) ফেরুপ্রিন্ট নকশা (Feru print drawing)

ফেরু পেপারের উপর ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রের সমন্বয়ে যে নকশা প্রস্তুত করা হয় উহাকেই ফেরু প্রিন্ট নকশা বলা হয়। এ-সময়ে ফেরু পেপারটি সেনসিটাইজড থাকে, আনসেনসিটাইজড ফেরু পেপারে কোন নীল নকশা উৎপাদিত হতে পারে না। ফেরু পেপারে এবং ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রে এই নকশা প্রস্তুত করা হয় বলে এই নকশার নামকরণ 'ফেরু প্রিন্ট নকশা' করা হয়েছে (২৫৮ পৃষ্ঠার ৬.৩০ (খ) চিত্র দ্রষ্টব্য)।

ফেরু পেপার

ইহা নীল নকশা প্রস্তুতের উপযোগী একটি বিশেষ ধরনের অঙ্কন কাগজ। ইহার রং সাদা এবং মাঝারি ধরনের পুরুত্বের অঙ্কন কাগজ। ইহা গোলাকার বোর্ড কভারের সঙ্গে জড়িয়ে রাখা অবস্থায় বাজারে গজ হারে কিনতে পাওয়া যায়। নকশা প্রস্তুতের উপযোগিতা বিবেচনা করে ইহাকে দুইভাগে শ্রেণীভেদ করা হয়, যথা :

(অ) সেনসিটাইজড ফেরু পেপার, এবং

(আ) আনসেন্সিটাইজড ফেরু পেপার।

যে ফেরু পেপারটিতে রাসায়নিক উপাদান প্রয়োগ করে নীল নকশা প্রস্তুতের উপযোগী করা হয়, উহাকে সেন্সিটাইজড ফেরু পেপার বলে। ফেরু পেপার সেন্সিটাইজড করার পর উহাকে জড়িয়ে অন্ধকার অথচ শুষ্ক কক্ষে সংরক্ষণ করা হয়।

আনসেন্সিটাইজড ফেরু পেপারকে সাধারণ ফেরু পেপার বলা হয়। ইহা সংরক্ষণের তেমন কোন সতর্কতা নেই, শুষ্ক কক্ষে আলমারীতে রাখলেই চলে। নীল নকশা প্রস্তুতের আগে ইহার উপর রাসায়নিক উপাদান প্রয়োগ করে সেন্সিটাইজড (sensitised) করা হয়।

রাসায়নিক দ্রব্য ও উপকরণ

আনসেনসিটাইজড ফেরু পেপারকে সেন্সিটাইজড করতে নিম্নবর্ণিত রাসায়নিক দ্রব্যাদি ও উপকরণ ব্যবহার করা হয়, যেমন

১। পটাসিয়াম ফেরিসাইনাইড (Potassium ferricynide),
২। ফেরিক অ্যামোনিয়াম সাইট্রেট (Ferric ammonium citrate),
৩। পানি (Water),
৪। একখণ্ড স্পঞ্জ (Sponge), যার আকৃতি ৬´´×৩´´×৩´´ হলে ভাল হয়,
৫। একটি প্লাস্টিক অথবা ধাতবপাত্র।

রাসায়নিক দ্রবণ প্রস্তুত করতে হলে উক্ত রাসায়নিক দ্রব্যের নিম্নবর্ণিত অনুপাত ব্যবহার করা হয়, যেমন :

পটাসিয়াম ফেরিসাইনাইড ১ ভাগ, ফেরিক অ্যামোনিয়াম সাইট্রেট ১½ ভাগ এবং পানি ১০ ভাগ, যাকে সংক্ষেপে ১: ১½ : ১০ বলা চলে। সুতরাং দ্রবণ প্রস্তুতের সময় একটি প্লাস্টিক অথবা ধাতবপাত্রের মধ্যে আধসের ওজনের পানি নেয়া হয়, অতঃপর উহার মধ্যে প্রায় এক ছটাক পরিমাণ পটাসিয়াম ফেরি-সাইনাইড ও দেড় ছটাক পরিমাণ ফেরিক অ্যামোনিয়াম সাইট্রেট মিশানো হয়। এই দ্রবণকে বেশিদিন ব্যবহার করা যায় না। দ্রবণ প্রস্তুতের পর উহা দ্বারা স্পঞ্জের সাহায্যে ফেরু পেপারের উপর প্রলেপ দেয়া হয়।

এখানে উল্লেখ্য যে, এই দ্রবণের উপাদান বিষ জাতীয়, তাই উহা ব্যবহারে বিশেষ সতর্কতা অবলম্বন করা প্রয়োজন।

ফেরু পেপার সেন্সিটাইজড প্রক্রিয়া

রাসায়নিক দ্রবণ প্রস্তুত করার পর নির্দিষ্ট পরিমাপের ফেরু পেপারকে অন্ধ-কার ও শুষ্ক ঘরের টেবিল, মেঝে অথবা দেওয়ালে রাখতে হয়। অতঃপর একখণ্ড স্পঞ্জ দ্রবণের মধ্যে ডুবিয়ে ফেরু পেপারের উপর প্রথমতঃ আনুভূমিকভাবে, দ্বিতীয়তঃ খাড়াভাবে শীটের সর্বত্র দ্রবণের প্রলেপ আরোপ করতে হয়। খেয়াল রাখতে হয় যে, ফেরু পেপারের কোন অংশে যেন দ্রবণ কম-বেশি না লেগে যায় বা কোন স্থানে একেবারেই লাগলো কি না। অর্থাৎ পেপারের সর্বত্র সমভাবে দ্রবণের প্রলেপ আরোপ করতে হবে। অতঃপর এই পেপারকে অন্ধকার ঘরে বাতাসে শুকিয়ে ছড়িয়ে অন্ধকার কক্ষে সংরক্ষণ করতে হবে অথবা তখনই নীল নকশা প্রস্তুতের কাজে ব্যবহার করতে হবে।

ফেরু পেপার সেন্সিটাইজড করা শেষ হলে দ্রবণের পাত্রের ছিপি ভালভাবে আটকে রাখতে হবে এবং হাতের বিষক্রিয়া দূর করার জন্য সাবান ও তেল অথবা ফিনাইল দিয়ে হাত ভাল করে ধুয়ে ফেলতে হবে। এখানে উল্লেখ্য যে, সেন্সিটাইজড ফেরু পেপারে কোনভাবে আগুন অথবা রৌদ্রতাপ লাগলে উহা বিবর্ণ হয়ে যাবে, যা নীল নকশা প্রস্তুতের উপযোগিতা হারিয়ে ফেলবে। সেন্সিটাইজড ফেরু পেপারের রং হাল্কা হলুদ প্রকৃতির।

ফেরু প্রিন্ট যন্ত্র

পূর্বেই কিছুটা আলোকপাত করা হয়েছে যে, ফেরু প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত করার জন্য ফেরু প্রিন্ট যন্ত্র ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্র দেখতে খুব সাধারণ এবং রৌদ্র-তাপের সমন্বয়ে নীল নকশা প্রস্তুত করা হয়। ফেরু প্রিন্ট যন্ত্র নিম্নবর্ণিত যন্ত্রাংশ ও দ্রব্যাদির সমন্বয়ে গঠিত হয়, যেমন :

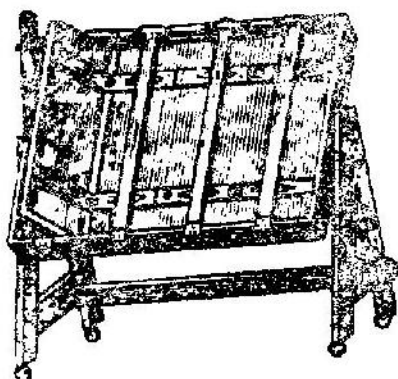
১। কাঠামো, ইহা সাধারণত কাঠ দ্বারা প্রস্তুত হয় এবং দেখতে বাক্সের মত ;

২। কাঠামোর উপরকার কাচ, যা কাঠামোর সমান ;

৩। একটি কম্বল, যা দুই ভাঁজ করলে কাচের সমান হয় ;

৪। কাঠামোর নিচে ব্যবহৃত কয়েকখানা তক্তা,

৫। তক্তা চেপে রাখার কয়েকটি ক্ল্যাম্প,

৬। কাঠামোর ধারক দণ্ড বা দোপায়া— এই দোপায়ার মাথার একটি করে আংটা বা হুক আছে; ইহার উপর বাক্স প্রকৃতির কাঠামোর উভয় পার্শ্বের দুটি বোল্টের মাথা ঠেশ দিয়ে কাঠামোকে এদিক-ওদিক ঘুরতে সাহায্য করে

চিত্র ৬.৩১ : একটি ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রের আইসোমেট্রিক নকশা।

৬.৩১ চিত্রে একটি ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রের আইসোমেট্রিক নকশা দেখানো হয়েছে। এই যন্ত্র দ্বারা নীল নকশা প্রস্তুত করতে সময় একটু বেশি লাগে এবং ঝামেলাও হয় কিছুটা। কিন্তু যন্ত্রটির নির্মাণ খরচ বেশ কম হয়, যা আমাদের মত উন্নয়নশীল দেশের জন্য বেশি উপযোগীও বটে। নকশা প্রস্তুতের সময় ইহাকে রৌদ্রে নিতে হয় এবং কার্যশেষে স্বস্থানে প্রত্যাবর্তন করানো হয়। এই যন্ত্রটি আমাদের দেশে যত্রতত্র প্রস্তুত করা যায়, তাই নীল নকশা প্রস্তুতের কাজে অন্যান্য ব্যয়বহুল যন্ত্র আমদানি করার প্রয়োজন পড়ে না।

ফেরু প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত

ফেরু প্রিন্ট যন্ত্র দ্বারা নীল নকশা প্রস্তুত করার সময় কাঠামোর নিচের ক্ল্যাম্পগুলো আলাদা করে তক্তাগুলো খুলে ফেলা হয়। অতঃপর কাঠামোর কাচের দিকটা নিচের দিকে ধারণ করে কম্বলের নিচে উল্টা করে ট্রেসিং কাগজের নকশা প্রবেশ করানো হয়, যাতে উহা কাচসংলগ্ন থাকে। এরপর ট্রেসিং কাগজের নকশার উপর সেনসিটাইজড ফেরু পেপারের প্রলেপ মাখানো দিকটা ট্রেসিং কাগজের দিকে রেখে কম্বলটা উহার উপর টান করে দিয়ে তক্তাগুলো বিছিয়ে ক্ল্যাম্প এঁটে দিতে হয়। এ সময় খেয়াল রাখতে হয় যে, ট্রেসিং কাগজের নকশাটি যাতে সেনসিটাইজড ফেরু পেপারের উপর পুরোটা স্থান পায় এবং আঁকাবাঁকা না হয়ে যায়।

অতঃপর কাঠামোকে ঘুরিয়ে কাচের দিকটা উপরে উঠাতে হয়, তখন ট্রেসিং কাগজের নকশাটি কাচের মধ্য দিয়ে সোজাভাবে দেখা যাবে। এমতাবস্থায়, উহাকে রৌদ্রের মধ্যে ৪/৫ মিনিটকাল রেখে দিলে সূর্যকিরণ, ট্রেসিং কাগজের নকশা এবং সেনসিটাইজড ফেরু পেপারের মধ্যে বিক্রিয়ার মাধ্যমে নীল নকশার প্রাথমিক প্রস্তুতি শেষ হবে। এ সময় সূর্যকিরণ যেহেতু ট্রেসিং কাগজে কালির দাগ ভেদ করে যেতে পারে না, সেনসিটাইজড পেপারের সেই অংশ সাদা এবং শীটের অবশিষ্ট অংশে সূর্যকিরণ পতিত হয়ে বিক্রিয়ার মাধ্যমে নীল রং ধারণ করায়। নির্দিষ্ট সময়ের পর কাঠামোর ক্ল্যাম্প ও তক্তা খুলে ট্রেসিং কাগজ ও নকশা প্রস্তুতের কাগজকে বের করা হয়। অতঃপর নকশা প্রস্তুতের কাগজটিকে অন্ধকার কক্ষে রক্ষিত পানির আধারের মধ্যে কিছুক্ষণ ভিজিয়ে রাখার পর পানি থেকে উঠালে হলে নীল নকশার দাগগুলো চোখের সামনে ফুটে উঠবে। এর পর এই ভেজা নকশাটিকে অন্ধকার ও শুষ্ক ঘরে টাঙানো দড়ির উপর রেখে বাতাসের তাপে শুকানো হয়, অতঃপর উহাকে প্ল্যান্ট নকশা হিসেবে ব্যবহার করা হয়। এভাবে সর্বমোট

১০ মিনিটের মধ্যে একটি করে নীল নকশা বা প্রতিলিপি নীল নকশা প্রস্তুত করা হয়।

একটি করে নীল নকশা প্রস্তুতের পর ট্রেসিং কাগজের নকশাটিকে যত্নসহকারে রেখে দিতে হয়, যাতে উহাতে ভাঁজ ও দাগ না পড়ে।

নীল নকশা প্রস্তুতে আলোকরশ্মি ও তাপের বিক্রিয়া

মূলতঃ ফেরু প্রিন্ট পদ্ধতিতে নীল নকশা প্রস্তুতের সময় সূর্যরশ্মি এবং অ্যামোনিয়া প্রিন্ট পদ্ধতিতে নীল নকশা প্রস্তুতের সময় বৈদ্যুতিক শক্তির [illegible] বিক্রিয়া ঘটায়।

এখানে বিশেষভাবে উল্লেখ্য যে, সূর্যরশ্মি কোন কালো দাগের মধ্য দিয়ে প্রবাহিত হতে বা কালো দাগ ভেদ করতে পারে না। কারণ, সূর্যরশ্মিতে [illegible] মাত্রায় তাপ থাকে, কোন কালো দ্রব্যাদি এই তাপ শোষণ করে; [illegible] দাগের মধ্য দিয়ে সূর্যরশ্মি প্রবাহিত হতে পারে না। অ্যামোনিয়া প্রিন্টের বেলাতেও একই ভাবধারা পরিলক্ষিত হয়। নকশার কালো দাগের মধ্য দিয়ে বৈদ্যুতিক বাতির আলোকরশ্মি প্রবাহিত হতে পারে না বা কালো দাগ দ্বারা তাপ শোষণের জন্য উহার আলোকরশ্মি কালো দাগ ভেদ করতে পারে না। [illegible] নকশার এই কালো দাগে আলোক রশ্মি বা তাপমাত্রার কোন বিক্রিয়া হয় না। এজন্যই নীল নকশাতে নকশার কালো দাগ সাদা দেখায় এবং [illegible] অবশিষ্ট ফাঁকা জায়গায় আলোকরশ্মি ও তাপের বিক্রিয়ার ফলে নীল [illegible] করে। সুতরাং নীল নকশা প্রস্তুতে আলোকরশ্মি ও তাপের বিক্রিয়া একটি [illegible] ভূমিকা পালন করে।

অন্ধকার কক্ষ

নীল নকশা প্রস্তুতে অন্ধকার কক্ষের প্রয়োজনীয়তা অপরিসীম। এই কক্ষে ফেরু পেপারকে সেন্সিটাইজড করা, পানিতে ভিজিয়ে ধৌত করা এবং [illegible] ভিজানো নীল নকশাটিকে এই কক্ষের বাতাসের তাপেই শুকানো হয়। এই [illegible] করার সময় দৈবক্রমে উহাতে সূর্যের কিরণ অথবা যে কোন আলো ও [illegible] উপস্থিতি থাকলে যে কোন মুহূর্তে নীল নকশাটি বিবর্ণ হয়ে যেতে পারে, [illegible] নকশা প্রস্তুতের গুণাগুণ হারিয়ে ফেলে। তবে যখন প্রস্তুতের কাজ [illegible] এবং সেন্সিটাইজড কাগজকে ভালভাবে সংরক্ষণ করা হয়, তখন [illegible] যেতে পারে, অন্যথায় নয়।

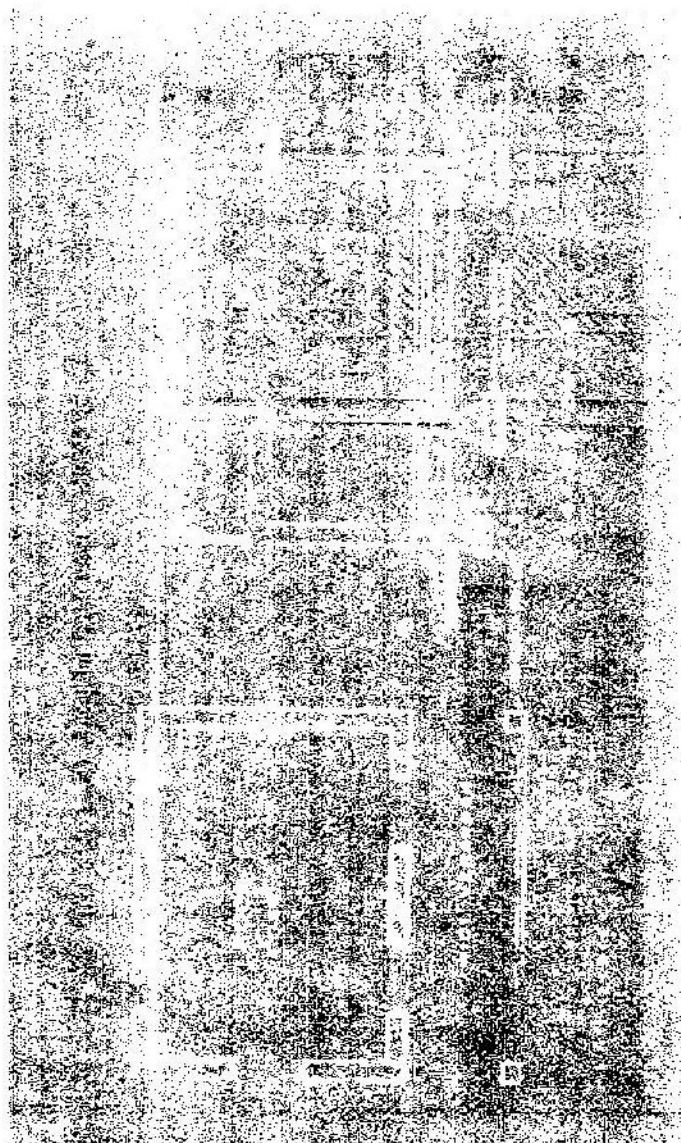
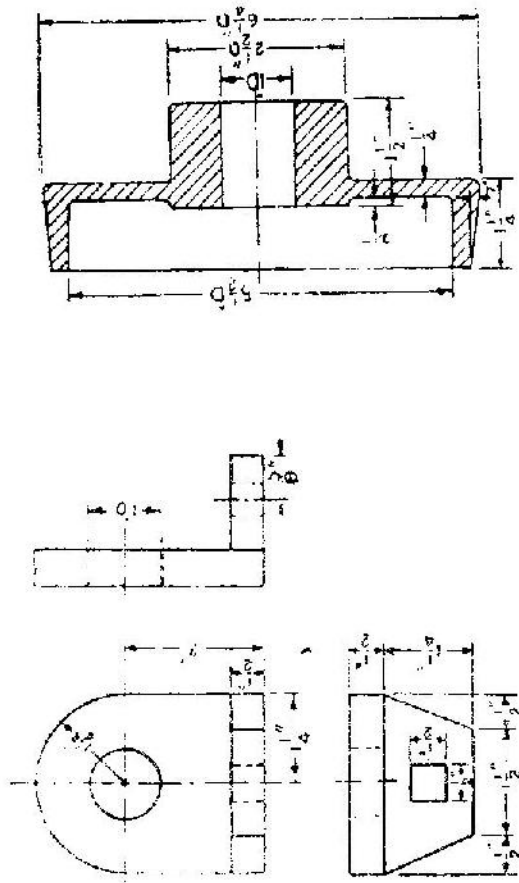
পানির আধার

ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রে নীল নকশার তাপের বিক্রিয়া সম্পাদনের পর সেন্সিটাইজড কাগজকে পানির আধারে ডুবিয়ে নকশাটিকে ওয়াশ বা ধৌত করা হয়। এই নকশাটির যে দিকে রাসায়নিক পদার্থ লেপন করা থাকে, সেই পার্শ্বটি নিচের দিকে রেখে উপরের দিকে হাত দিয়ে নাড়াচাড়া করা হয়; তাহলে পানির সঙ্গে বিক্রিয়ার ফলে নীল নকশাটি স্পষ্টভাবে আমাদের চক্ষে ভেসে উঠবে। এখানে বিশেষভাবে উল্লেখ্য যে এই পানির আধারটিও অন্ধকার কক্ষে অবস্থিত এবং আধারটিতে পানির গভীরতা ৬ ইঞ্চির বেশী নয়। নীল নকশাটিকে পানির আধারে ডুবানোর সময় খেয়াল রাখতে হয় যে অঙ্কন শীটের রাসায়নিক দ্রব্যের প্রলেপের দিকটা যেন উপরে না থাকে এবং উহাতে যেন হাতের ঘর্ষণ না লাগে। অন্যথায় নকশাটির প্রলেপ উঠে গিয়ে অকেজো হয়ে যেতে পারে।

অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা

যে নীল নকশা প্রস্তুত করতে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র ব্যবহার করা হয় এবং ধৌতকরন ও গরম করার কাজ একই যন্ত্রে সম্পাদিত হয়, উহাকে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা বলে। এখানে বৈদ্যুতিক বাতির সমন্বয়ে উত্তাপিত বা গরম করার কাজ সম্পাদিত হয়। অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত করার সময়, ট্রেসিং কাগজের মূল নকশার সঙ্গে সোজাভাবে একখানা সেন্সিটাইজড কাগজ এঁটে দেয়া হয়। ট্রেসিং কাগজের নকশার সঙ্গে আনসেন্সিটাইজড কাগজও এঁটে দিলে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত হতে পারে, সেক্ষেত্রে অ্যামোনিয়া প্রিন্টিং যন্ত্রে অ্যামোনিয়া গ্যাস থাকে এবং অ্যামোনিয়া গ্যাস ছিটিয়ে দিলে উত্তাপের বিক্রিয়ায় অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত হতে পারে। এই নকশাতেও নকশার দাগগুলো সাদা এবং অঙ্কন কাগজের রং নীল বা তামাটে হয়। অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র দ্বারা এই নকশা প্রতিলিপি তৈরি করা হয় বলে, এই নকশাকে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা বলা হয়।

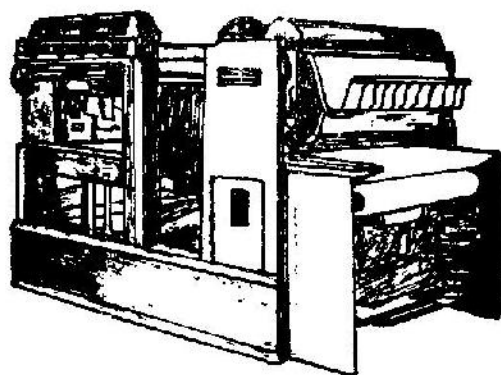
অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশার উপকরণসমূহ

অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুতে ফেরু প্রিন্ট নকশা প্রস্তুতের মত এত বেশি উপকরণের প্রয়োজন না। এই নকশা প্রস্তুতে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র, সেন্সিটাইজড অথবা আনসেন্সিটাইজড অঙ্কন কাগজ, অ্যামোনিয়া গ্যাসসহ বোতল, বৈদ্যুতিক টিউব লাইটের সংযোগ, ট্রেসিং কাগজে অঙ্কিত মূল নকশা প্রভৃতি। অপেক্ষাকৃত কম উপকরণে ও কম সময়ে এই নকশা সম্পাদন করা যায় বলে; কম খরচে একাধিক

(খ) অ্যামোনিয়া প্রিন্টিং নকশা   আধাতব প্রিন্টিং নকশা

চিত্র ৬.৩০ : (খ) অ্যামোনিয়া প্রিন্টিং নকশা ও আধাতব প্রিন্টিং নকশা।

নকশারও প্রতিলিপি তৈরি করা সম্ভবপর হয়। এই যন্ত্রে অ্যামোনিয়া গ্যাসের বোতল থাকলেও যখন অঙ্কন কাগজটি সেন্সিটাইজড থাকে, তখন উহা ছিটানো কাজ বন্ধ রাখা হয় এবং আনসেন্সিটাইজড কাগজ দিলে তখনই উহার অ্যামোনিয়া গ্যাস ছিটানোর প্রয়োজন হয়। তবে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশায় সাধারণত সেন্সিটাইজড কাগজ ব্যবহার করা হয় না।

অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র

ইহা এমন একটি নীল নকশা প্রস্তুতের যন্ত্র, যা দ্বারা অ্যামোনিয়া গ্যাসের সমন্বয়ে নীল নকশা প্রস্তুত করা হয়। এই যন্ত্র দ্বারা স্বল্প সময়ে একাধিক নকশার প্রতিলিপি করা যায় এবং উহার যন্ত্রাংশ সঠিকভাবে কাজ করলে এই প্রক্রিয়ায় নিখুঁত নীল নকশা প্রস্তুত করা যায়। বড় বড় অফিস-আদালতে এই ধরনের প্রিন্ট যন্ত্র ব্যবহার করা হয়।

চিত্র ৬.৩২ : অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র।

তবে এই যন্ত্র বেশ ব্যয়বহুল; সেক্ষেত্রে ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রের দাম অনেক কম। ৬.৩২ চিত্রে একটি আধুনিক অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র দেখানো হয়েছে। যে প্রতিষ্ঠানে প্রতিনিয়ত একাধিক নিখুঁত নকশার প্রয়োজন হয়, সেক্ষেত্রে নীল নকশা প্রস্তুত কাজে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্রই ব্যবহার করা হয়। এই যন্ত্রের আরেকটি বিশেষ সুবিধা হলো, যন্ত্র থেকে প্রতিলিপি-নকশা নামানোর পর পরই উহা কার্যক্ষেত্রে ব্যবহার করা চলে। অর্থাৎ এই প্রতিলিপি-নকশাকে ধৌতকরণ বা ওয়াশিং এর কোন প্রয়োজন হয় না। তবে, এই যন্ত্র দ্বারা প্রতিলিপি-নকশার রং বেশি গাঢ় হয় না বলে, যেখানে অ্যামোনিয়া গ্যাস

অপেক্ষাকৃত কম হারে ছিটকে পড়ে; সেখানে অন্যান্য স্থানের তুলনায় কম স্পষ্ট হয়। ফেরু প্রিন্ট নকশাতে এই অবস্থা অপেক্ষাকৃত কম হারে পরিলক্ষিত হয়।

অ্যামোনিয়া গ্যাসের প্রয়োজনীয়তা

অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশায় অঙ্কন কাগজকে সেনিসটাইজড করতে অ্যামোনিয়া গ্যাস ব্যবহার করা হয়। নীল নকশা প্রস্তুতের কাগজ সেন্সিটাইজড থাকলে নকশা প্রস্তুতের সময় এই গ্যাস ব্যবহারের প্রয়োজন হয় না, অন্যথায় সর্বদা ইহা দ্বারা বোতল পূর্ণ করে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্রে আটকে রাখা হয়।

যন্ত্রে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুতের সময় একদিকে অ্যামোনিয়া গ্যাস ছিটিয়ে পড়ে এবং অপরদিকে বৈদ্যুতিক আলো ও তাপের বিক্রিয়ায় অঙ্কন কাগজের রং বাদামী বা তামাটে আকার ধারণ করে। অঙ্কন কাগজের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস একইভাবে বা সমভাবে ছিটিয়ে পড়তে হলে প্রিন্টিং যন্ত্রের গ্যাস ছিটানোর যন্ত্রাংশকে সর্বদা ভাল রাখতে হবে, উহার টিপ নষ্ট হলে উহা সঙ্গে সঙ্গে পরিবর্তন করা যুক্তিযুক্ত। তাহলে অঙ্কন কাগজের প্রতিলিপি নকশাটি কখনও অস্পষ্ট হবার ভয় থাকে না। অ্যামোনিয়া গ্যাস খারাপ গন্ধযুক্ত বিধায় এই গ্যাস ব্যবহারের সময় সতর্কতা অবলম্বন করতে হয়। উহার গন্ধ নাকে লাগলে নাক জ্বলে এবং চোখে লাগলে চোখ জ্বালা করে ও পানি পড়ে। কোন আবদ্ধ ঘরে অ্যামোনিয়া গ্যাস থাকলে তার দরুন দম বন্ধ হয়ে যাবার আশংকা থাকে।

বৈদ্যুতিক আলো ও তাপের বিক্রিয়া

ইতিপূর্বেও নীল নকশায় আলোকরশ্মি ও তাপের বিক্রিয়া সম্বন্ধে আলোচনা করা হয়েছে। অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্রে বৈদ্যুতিক বাতির আলোকরশ্মি ও তাপ অ্যামোনিয়া গ্যাসের সমন্বয়ে বিক্রিয়া ঘটিয়ে অঙ্কন শীটের রং-এর পরিবর্তন ঘটায়। এই যন্ত্রে বৈদ্যুতিক শক্তির সরবরাহ থাকলেই উহা নীল নকশা প্রস্তুত করতে সক্ষম হয়। তাই, রাত্রিকালে, বাদলা দিন প্রভৃতি যে কোন সময়ে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত করা যেতে পারে। বৈদ্যুতিক আলোর তাপও ট্রেসিং কাগজে অর্পিত কালো দাগ ভেদ করতে পারে না, ফলে অঙ্কন দাগের স্থান সাদা এবং শীটের অপরাপর অংশে অ্যামোনিয়া গ্যাসের সঙ্গে বৈদ্যুতিক বাতির আলো ও তাপ বিক্রিয়া ঘটিয়ে নকশাকে নীল বা বাদামী রঙে পরিণত করে।

তাই, সূর্যের আলো ও তাপ ছাড়া যেমন ফেরুপ্রিন্টের নীল নকশা প্রস্তুত হতে পারে না, সেইরূপ অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশাও বৈদ্যুতিক সরবরাহ বা বাতির সাহায্য ছাড়া প্রস্তুত হতে পারে না।

অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত প্রণালী

এই নকশা প্রস্তুত করার সময় ট্রেসিং কাগজের মূল নকশার নিচে একটি ফেরু পেপার অথবা যে কোন অঙ্কন কাগজ এঁটে দিয়ে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্রের রিলের সঙ্গে ধরে যন্ত্রের সুইচ 'অন' করতে হয়। ইতিপূর্বে যন্ত্রের অভ্যন্তরস্থ অ্যামোনিয়া গ্যাসের বোতলে অ্যামোনিয়া গ্যাসের উপস্থিতি পরীক্ষা করে নিতে হয়। এখানে বিশেষভাবে লক্ষণীয় যে, টাইপ যন্ত্রে কোন কাগজ ও কার্বন পেপার যেভাবে প্রবেশ করানো বা সংযুক্ত করা হয়, এই যন্ত্রেও একইভাবে অঙ্কন কাগজ ও ট্রেসিং কাগজ একত্রে প্রবেশ করানো হয়, যাতে বেরিয়ে আসার সময় ট্রেসিং কাগজ উপরে ও অঙ্কন কাগজ উহার নিচে দিয়ে সোজা অবস্থায় বের হয়।

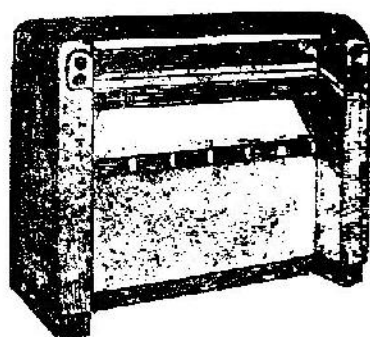
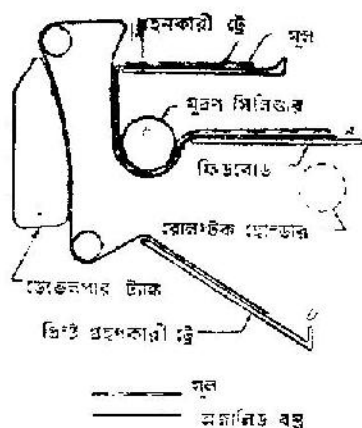
অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্রের রিল এ সময়ে আসতে আসতে ঘুরতে থাকে এবং অঙ্কন কাগজ ও ট্রেসিং কাগজকে ভেতরে নিয়ে যায়। এমতাবস্থায় উক্ত অঙ্কন কাগজের উপর অ্যামোনিয়া গ্যাস সমভাবে ছিটিয়ে পড়তে থাকে এবং অঙ্কন কাগজের পুরো অংশে গ্যাস ছিটানো কাজ শেষ হবার পরপরই উহার উপর বৈদ্যুতিক বাতির আলো ও তাপের বিক্রিয়া ঘটে। ফলে, ট্রেসিং কাগজের নকশাটি নীল নকশা হিসেবে অঙ্কন কাগজের উপর স্পষ্টভাবে দৃশ্যমান হয়। একটি ফেরু প্রিন্ট নকশা প্রস্তুত হতে যেখানে ১০ থেকে ১৫ মিনিট সময় লাগে, অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র দ্বারা নীল নকশা প্রস্তুত করতে সেখানে ১½ থেকে ২ মিনিট সময় লাগে। তাই, উন্নত দেশসমূহে ফেরু প্রিন্ট নকশার তুলনায় অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নীল নকশার ব্যবহার সমধিক।

ফেরু প্রিন্ট নকশার মত এ নকশাতেও ট্রেসিং কাগজের কালো দাগ অঙ্কন কাগজে সাদা ও অবশিষ্ট অংশ নীল দেখায়। অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা তৈরির পর ট্রেসিং কাগজের মূল নকশা এবং নীল নকশাকে যত্ন সহকারে সংরক্ষণ ও ব্যবহার করা হয়।

ফেরু ও অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশার পার্থক্য

কতকগুলি ক্ষেত্রে ফেরু প্রিন্ট ও অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশার মধ্যে যথেষ্ট মিল থাকলেও আবার কতকগুলি দিকে উহাদের মধ্যে যথেষ্ট পার্থক্য পরিলক্ষিত হয়, নিম্নে উহাদের মধ্যেকার মৌলিক পার্থক্যগুলি নির্দেশ করা হল।

ফেরু প্রিন্ট নকশা	অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা
(১) সাধারণত নীল নকশা বলতে ফেরু প্রিন্ট নকশাকেই বুঝায়। যেহেতু ইহা ফেরু পেপারে পুনঃপ্রিন্ট করা হয়।	(১) সাধারণত ইহাকে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা নামেই আখ্যায়িত করা হয়, যেহেতু ইহা যেকোন অঙ্কন কাগজে অ্যামোনিয়া গ্যাসের সমন্বয়ে পুনঃপ্রিন্ট করা হয়।
(২) ফেরু প্রিন্ট নকশা প্রস্তুতের পূর্বে ফেরু পেপারকে নির্দিষ্ট নিয়মে সেন্সিটাইজড করা হয়।	(২) অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা প্রস্তুতের পূর্বে অঙ্কন কাগজকে সেন্সি-টাইজড করার প্রয়োজন হয় না।
(৩) এই নকশা প্রস্তুতের যন্ত্রকে ফেরু প্রিন্ট যন্ত্র নামে আখ্যায়িত করা হয়। মূল্যের দিক দিয়ে এই যন্ত্রটি অন্যান্য যন্ত্র অপেক্ষা অনেক সস্তা।	(৩) এই নকশা প্রস্তুতের যন্ত্রকে অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্র নামে চিহ্নিত করা হয়, যা ফেরু প্রিন্ট বা অন্যান্য প্রিন্টিং যন্ত্রের তুলনায় অনেক বেশি দামী।
(৪) এই নকশা প্রস্তুতে সময় বেশী লাগে। কারণ, ইহাকে পানিতে ভিজিয়ে আবার বাতাসের উত্তাপে শুকানো হয়। এই ধরনের নকশা পুনঃ-উৎপাদন পদ্ধতিকে ভেজা পদ্ধতি বলা হয়।	(৪) এই নকশা প্রস্তুতের সময় বেশ অল্প লাগে। কারণ, এই নকশাকে পানিতে ভিজানোর প্রয়োজন হয় না। অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্রে একদিক দিয়ে ট্রেসিং কাগজের নকশা ও অঙ্কন কাগজ প্রবেশ করালে অপর দিক দিয়ে প্রতি-লিপি নকশা বেরিয়ে আসে।
(৫) এই নকশা প্রস্তুতের রাসায়নিক উপকরণ বিষক্রিয়া করতে পারে, তাই নাড়াচাড়ায় সাবধানতা অবলম্বন করতে হয়।	(৫) এই নকশা প্রস্তুতের রাসায়নিক উপকরণ তেমন বেশি মারাত্মক নয়; উহা নাড়াচাড়ায় তেমন ক্ষতি করে না কিন্তু অসাবধানতায় শ্বাসকষ্ট সৃষ্টি হতে পারে।
(৬) অল্প খরচে এই নকশা পুনঃ-উৎপাদনের ব্যবস্থা করা যায়। তাই, উহা অনুন্নত দেশের জন্য উপযোগী।	(৬) অল্প খরচে এই নকশা পুনঃ-উৎপাদনের ব্যবস্থা করা যায় না, তাই উহা অনুন্নত দেশের জন্য উপযোগী নয়।

২। অজালিড কপিং (Ozalid Coping) বা আধা শুষ্ক প্রিন্টিং নকশা : ইহা এমন একপ্রকার পুনঃউৎপাদিত নকশা, যা অজালিড কপিং যন্ত্রে প্রস্তুত হয়। অজালিড কপিং নকশার দাগগুলি ঘন লাল এবং অঙ্কন কাগজের খালি জায়গা হালকা রং ধারণ করে। সেজন্য এই নকশা চোখের সামনে স্পষ্টভাবে ফুটে ওঠে। এই নকশা প্রস্তুতে অ্যামোনিয়া বাষ্প বা আর্দ্র অ্যামোনিয়া ব্যবহার করা হয়, যা অঙ্কন কাগজকে সেন্সিটাইজড করার কাজে ব্যবহৃত হয়। ৬.৩৩ চিত্রে একটি অজালিড কপিং যন্ত্রের আইসোমেট্রিক নকশা (ডান পার্শ্বে) এবং পার্শ্ব কর্তিত নকশা (বাম পার্শ্বে) দেখানো হয়েছে।

চিত্র ৬.৩৩ : একটি অজালিড কপিং যন্ত্রের আইসোমেট্রিক নকশা (ডান পার্শ্বে) এবং পার্শ্ব কর্তিত নকশা (বাম পার্শ্বে)।

অজালিড কপিং নকশা প্রস্তুত করার সময় একটি ট্রেসিং কাগজের নকশাকে একটি অজালিড কাগজের সঙ্গে ফিডবোর্ডের উপর রাখা হয় এবং যন্ত্রের সুইচ অন করা হয়। ফলে, বৈদ্যুতিক মোটর দ্বারা চালিত ছাপানো বেল্ট ঘুরতে থাকে এবং ট্রেসিং কাগজের মূল নকশা ও অজালিড কাগজ ছাপানো সিলিণ্ডারের চারদিকে জড়িয়ে যাওয়ার সময় ট্রেসিং কাগজের নকশার ছাপটি অজালিড কাগজের উপর পতিত হয়। ছাপানো ফিতার টানে এই নকশা ও ট্রেসিং কাগজের নকশা উপরের দিকে ওঠে এবং উপরের গ্রহণ পাত্রে (receiving tray) ট্রেসিং কাগজের নকশাটি থেকে যায় এবং বেল্টের সঙ্গে অজালিড নকশাটি উৎপাদক আধারের নিকট যায় ও সেখানে উহার উপর আর্দ্র অ্যামোনিয়া গ্যাস ছিটিকে পড়ে

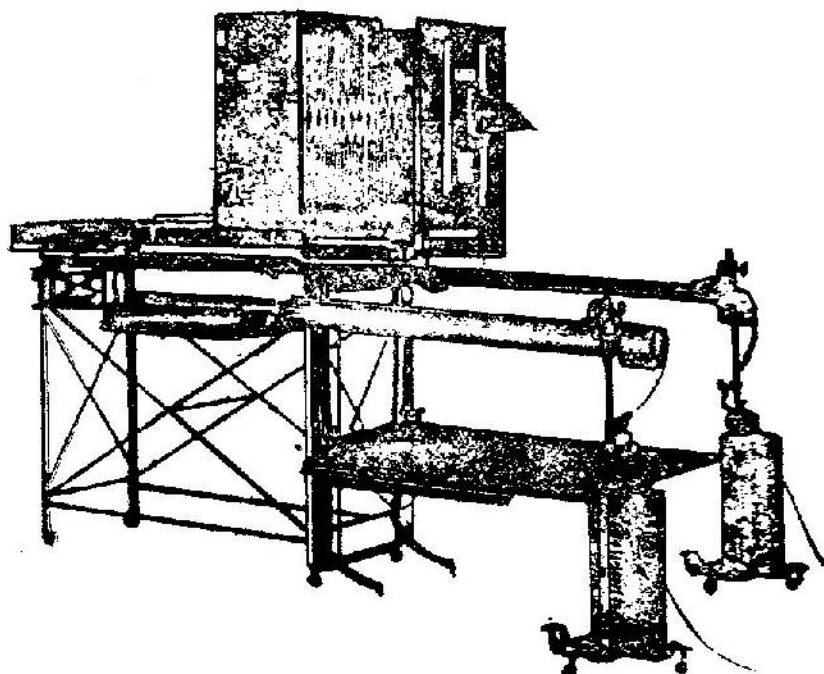
করলে, তখন অজালিড কাগজের অঙ্কনের দাগগুলি গাঢ় লালবর্ণ এবং অঙ্কন কাগজের অন্যান্য স্থান হালকা লালবর্ণ ধারণ করে। অতঃপর এই নকশাটি গ্রহণ পাত্রে গিয়ে জমা হয়। এভাবে অজালিড কপিং নকশা একের পর এক উৎপন্ন হতে থাকে।

এখানে উল্লেখ্য যে, ছাপানো সিলিণ্ডারটি একটি বৈদ্যুতিক আলোর উৎস, যার মাধ্যমে এবং আর্দ্র অ্যামোনিয়া গ্যাসের সহায়তায় শুষ্ক বা আধা শুষ্ক অজালিড নকশা উৎপন্ন করা হয়। অজালিড কাগজ প্রাথমিকভাবে সেন্সিটাইজড করা থাকে এবং নকশার রং গাঢ় করার জন্যই পরে আবার উৎপাদন যন্ত্রে আর্দ্র অ্যামোনিয়া গ্যাস ছিটিয়ে দেয়া হয়।

৩। **ভ্যানডাইক কপিং (Vandyke print) নকশা** : যে প্রতিলিপি-নকশা প্রস্তুত করতে ভ্যানডাইক কাগজ ব্যবহৃত হয়, উহাকে ভ্যানডাইক প্রিন্ট নকশা বলে। এই নকশা প্রস্তুত করতে দুই রকম প্রক্রিয়া ব্যবহার করা হয়। একটি প্রক্রিয়ায় ঘন বাদামী রঙের ভ্যানডাইক কাগজে প্রতিলিপি-নকশার দাগগুলি সাদা হয়। অপর প্রক্রিয়ায় বিশেষ ভ্যানডাইক কাগজে প্রতিলিপি-নকশার দাগগুলি ঘন বা কালো রঙ ধারণ করে এবং ভ্যানডাইক কাগজের অপরাপর খালি জায়গায় হাল্‌কা রঙ উৎপাদিত হয়। ভ্যানডাইক অথবা এই ধরনের নেগেটিভ নকশা থেকে অতি সহজে নীল অথবা কালো লাইনবিশিষ্ট পজিটিভ প্রিন্টের নকশা প্রস্তুত করা যায়। আমাদের দেশে এই ধরনের নকশার প্রচলন একেবারে নেই বললেই চলে।

৪। **ফটোস্ট্যাট (Photostat) কপিং নকশা** : যে কোন কিছু আঁকা অথবা লেখা থাকলে, ফটোস্ট্যাট কপিং নকশার মাধ্যমে মূল নকশা থেকে অল্পসময়ে একাধিক নকশা পুনরুৎপাদন করা যায়। এই নকশা প্রস্তুতের জন্য প্রস্তুতকারককে বেশি ঝামেলা পোহাতে হয় না। ফটোস্ট্যাট যন্ত্র দ্বারা এই নকশা উৎপাদন করা হয়। যে কোন কাগজে এই নকশা পুনরুৎপাদন করা যায়।

ফটোস্ট্যাট যন্ত্রের নির্দিষ্ট স্থানে কাগজ জমা থাকে এবং মূল অঙ্কন কাগজটি যন্ত্রের প্রবেশ দ্বারে রেখে যন্ত্রের বৈদ্যুতিক সুইচ অন করতে হয়। ইহাতে যন্ত্রের পুনঃউৎপাদন কাজ শুরু হয়। তখন উহাতে বৈদ্যুতিক বাতি জ্বলে এবং স্বয়ংক্রিয় ক্যামেরার সাহায্যে মূল অঙ্কন কাগজের নকশা অথবা লেখাটি প্রেরিত কাগজে উঠে যায় এবং রাসায়নিক উপাদানের সাহায্যে উহা স্পষ্ট হয়ে আমাদের চোখের সামনে ভেসে উঠে। নকশাটি প্রতিলিপিকৃত হলে, মূল নকশা ও ফটোস্ট্যাট

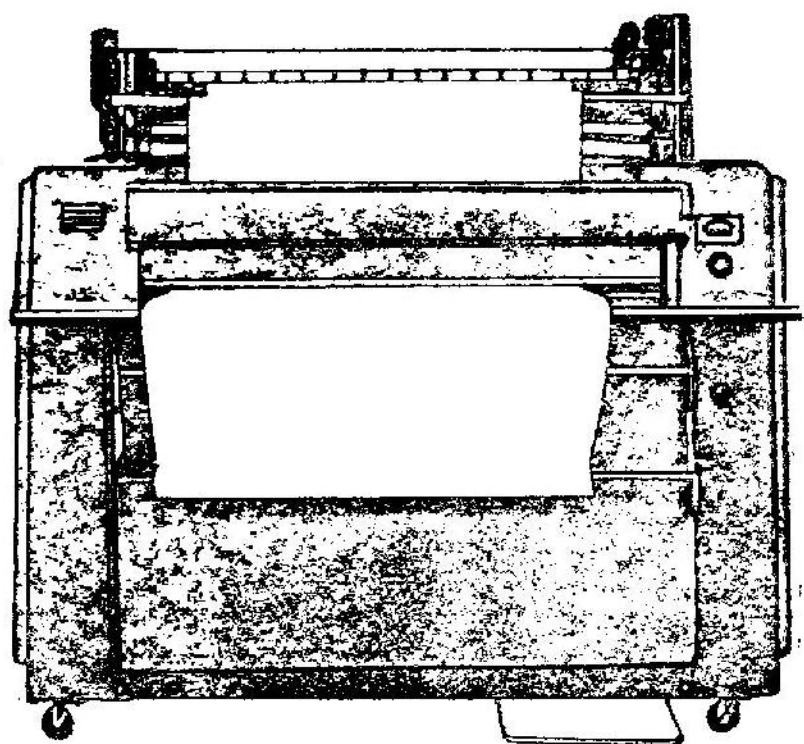
নকশাকে আলাদা করা হয়। বর্তমানে প্রায় সকল দেশেই এই ধরনের প্রতিলিপি নকশাকে জনপ্রিয়তার সাথে ব্যবহার করা হচ্ছে।

চিত্র ৬.৩৪ : একটি ফটোস্ট্যাট যন্ত্র।

তাই ফটোস্ট্যাট কপিং প্রক্রিয়ায় বিভিন্ন প্রকার সার্টিফিকেট, ফটো, দলিল পত্রাদি, পুস্তকাদির ব্লকের নকশা, সংবাদপত্রের খবর ও নকশা প্রভৃতি যন্ত্র সহকারে পুনরুৎপাদন করা হয়। ৬.৩৪ চিত্রে একটি ফটোস্ট্যাট কপিং যন্ত্র দেখানো হয়েছে।

৩। মিমিওগ্রাফ ও হেক্টোগ্রাফ নকশা : ইহা এমন এক প্রকার ফটোগ্রাফিক পদ্ধতি, যার মাধ্যমে মূল নকশা থেকে যে কোন কাগজে নকশা প্রতিলিপি করা হয়। ইহা ফটোস্ট্যাট নকশার অন্য পদ্ধতি হিসেবেও ধরে নেয়া যায়। ইহাও মূল নকশার সমান কপি প্রস্তুত করে। মিমিওগ্রাফ ও হেক্টোগ্রাফ যন্ত্রাদির সাথে আলোকচিত্র গ্রহণের যন্ত্র থাকে, যার দ্বারা মূল নকশার ছাপ গ্রহণের পর রাসায়নিক উপাদানের মাধ্যমে উক্ত নকশার প্রতিলিপি তৈরি করা হয়।

৬। অফসেট (offset) প্রিন্টিং নকশা : যখন প্র্যান্ট বা নীল নকশার সংখ্যা নির্দিষ্ট সময় সাপেক্ষে অধিক সংখ্যক প্রয়োজন হয়, সেই সময় অন্যান্য পদ্ধতিতে মূল নকশার প্রতিলিপি করার পরিবর্তে অফসেট প্রিন্টিং পদ্ধতিতে নকশা প্রস্তুত করা হয়। এই পদ্ধতির মাধ্যমে মূল নকশার সমান অথবা বিভিন্ন আকৃতিতে প্রতিলিপি-নকশা প্রস্তুত করা যায়। সুতরাং বিশেষ কোন পত্রিকা, নকশা প্রভৃতি শীঘ্র মুদ্রণের জন্য অফসেট প্রিন্টিং নকশা ব্যবহার করা হয়।

একটানা নীল নকশা প্রস্তুতের যন্ত্র

এতক্ষণ বিভিন্ন প্রক্রিয়ার মাধ্যমে নীল নকশা এবং অন্যান্য প্রতিলিপি-নকশা প্রস্তুতপ্রণালী সম্বন্ধে বর্ণনা করা হয়েছে। এখন যে পদ্ধতি সম্বন্ধে আলোচনা করা হবে, উহাকে একটানা নীল নকশা প্রস্তুতপ্রণালী বলা হয়। এই নকশা

চিত্র ৬.৩৫ : একটি একটানা নীল নকশা প্রস্তুতের যন্ত্র।

প্রস্তুতের জন্য একটানা নীল নকশা প্রস্তুতের যন্ত্র ব্যবহৃত হয়, যার যন্ত্রাদির মধ্যে ট্রেসিং কাগজের মূল নকশার সঙ্গে সেন্সিটাইজড ফেরু পেপার প্রদান করা হলে একের পর এক বৈদ্যুতিক আলোকরশ্মির বিক্রিয়া, পানির পাত্রস্থিত পানির বিক্রিয়া, সিক্ত বা ভেজা নকশাটিকে তাপপ্রয়োগে শুষ্ক করা, সংরক্ষণ করা প্রভৃতি কার্য সম্পাদিত হয়ে প্রতিলিপি বা নীল নকশা প্রস্তুত করে। C. F. Pease Co, এই যন্ত্রটি আবিষ্কার করেছেন।

৬.৩৫ চিত্রে একটি একটানা নীল নকশা প্রস্তুতের যন্ত্র দেখানো হয়েছে। এই যন্ত্র দ্বারা একই সময়ে ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রের চেয়ে অধিক সংখ্যক নীল নকশা প্রস্তুত করা যায়। নীল নকশার অঙ্কন কাগজে কোথাও ভুলত্রুটি সংশোধন করার জন্য অ্যালক্যালাইন দ্রবণ (alkaline solution) ব্যবহার করা হয়।

প্রশ্নমালা

১। (ক) প্ল্যান্ট নকশা (Plant drawing) বলতে কি বুঝ?
(খ) কোন্ কোন্ নকশা প্ল্যান্ট নকশার আওতাভুক্ত বুঝিয়ে বল।
(গ) প্ল্যান্ট নকশা অঙ্কন করতে কি কি যন্ত্রপাতি ও দ্রব্যাদি ব্যবহৃত হয় তার একটি তালিকা দাও।

২। (ক) পেন্সিলিং, ইঙ্কিং ও ট্রেসিং নকশা বলতে কি বুঝ?
(খ) উক্ত নকশাগুলি কখন অঙ্কনের প্রয়োজন হয় লিখ।
(গ) উন্নয়ন কাজে এই সকল নকশার প্রয়োজনীয়তা বর্ণনা কর।

৩। (ক) প্ল্যান্ট নকশার নামকরণের প্রয়োজন কি?
(খ) শুদ্ধ ও ভুল প্ল্যান্ট নকশার সুবিধা ও অসুবিধা সম্বন্ধে সংক্ষেপে লিখ।
(গ) প্ল্যান্ট নকশা সংরক্ষণ বলতে কি বুঝ?

৪। (ক) প্ল্যান্টের লে-আউট নকশা বলতে কি বুঝ?
(খ) ইহা কোন কোন নকশার সমন্বয়ে গঠিত হয়?
(গ) একটি দালানের প্ল্যান এঁকে দেখাও।

৫। (ক) কোন দালানকোঠা অথবা যন্ত্রাদির সম্মুখ এলিভেশন অঙ্কনের প্রয়োজন হয় কেন?
(খ) পার্শ্ব এলিভেশন বলতে সাধারণত কোন্ নকশা বুঝায়?
(গ) একটি দালানের মেঝে থেকে ৪ ফুট উপরের কর্তিত আইসোমেট্রিক বা প্ল্যানের পূর্বপরিকল্পিত নকশা এঁকে দেখাও।

৬। একটি দালান বা ইমারতের দৈর্ঘ্য ২৪´ — ০´´, প্রস্থ ১২´ — ১´´ এবং উচ্চতা ১১´ — ৪´´। উহার সামনের দিকের মাঝখানে একটি দরজা ও দুটি জানালা আছে; পিছনের দিকে তিনটি এবং পার্শ্বে একটি করে জানালা আছে; দরজা ও জানালার পরিমাপ যথাক্রমে ৭´ – ০´´ × ৩´ – ০´´ এবং ৩´ – ০´´ × ২´ – ০´´, অন্যান্য পরিমাপ পছন্দমত। উক্ত দালানটির প্ল্যান, সম্মুখ ও পার্শ্ব এলিভেশন অঙ্কন করে দেখাও।

৭। একটি আধুনিক পাওয়ার শপের লে-আউট নকশা অঙ্কন কর, যার দালানের মধ্যে আধুনিক যন্ত্রপাতি সজ্জিত রয়েছে।

৮। একটি ফার্মশপের লে-আউট নকশা অঙ্কন করে দেখাও, যার দৈর্ঘ্য ৭৩ ফুট ও প্রস্থ ২৫ ফুট এবং অন্যান্য পরিমাপ পছন্দমত।

৯। একটি যান্ত্রিক শপের দৈর্ঘ্য ৯০ ফুট ও প্রস্থ ৩০ ফুট এবং অন্যান্য পরিমাপ স্বাভাবিক মত। উহার একটি লে-আউট নকশা অঙ্কন কর।

১০। (ক) গ্যারেজে কি কি কার্য সম্পাদিত হয়?
(খ) একটি আধুনিক গ্যারেজের প্ল্যান বা লে-আউট নকশা অঙ্কন কর।

১১। (ক) সার্ভিস স্টেশনে কি কি কার্য সম্পাদিত হয়?
(খ) একটি আধুনিক সার্ভিস স্টেশনের লে-আউট নকশা এঁকে দেখাও।

১২। (ক) শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের লে-আউট নকশা বলতে কি বুঝ?
(খ) বাংলাদেশে কোন কোন ধরনের শক্তি উৎপাদন কেন্দ্র চালু রয়েছে।
(গ) একটি দুই ইউনিটবিশিষ্ট ডিজেল বিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা এঁকে দেখাও, যাতে একটি ভবিষ্যৎ ইউনিটের স্থান দেখানো হয়েছে।

১৩। (ক) কয়লা ব্যবহৃত তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের ব্যবস্থাপনার কি কি যন্ত্র ও দ্রব্য ব্যবহৃত হয়ে থাকে?
(খ) একটি তাপবিদ্যুৎ কেন্দ্রের লে-আউট নকশা অঙ্কন কর।

১৪। (ক) একটি দালানের ভিত্তি স্থাপনের প্ল্যান বা লে-আউট নকশা অঙ্কন কর।
(খ) ভিত্তিপ্রস্তর স্থাপন এবং উহার উপর তৈরি পার্শ্ব-দেওয়ালের পূর্ণ তথ্য অঙ্কন ও উল্লেখ করে দেখাও।

১৫। (ক) রেফারেন্স লাইন (reference line) বলতে কি বুঝ?
(খ) একটি পাওয়ার শপে যন্ত্রপাতি স্থাপনের জন্য রেফারেন্স লাইন অঙ্কন করে দেখাও।

১৬। (ক) একটি যান্ত্রিক শপে রেফারেন্স লাইনের মাধ্যমে যান্ত্রিক যন্ত্রাদি স্থাপনের নকশা অঙ্কন কর।

(খ) একটি বৈদ্যুতিক শপে রেফারেন্স লাইনের মাধ্যমে বৈদ্যুতিক যন্ত্রাদি স্থাপনের নকশা অঙ্কন কর।

১৭। (ক) একটি বোর্ডের উপর সংযোজিত সাধারণ বেতারযন্ত্রের গ্রাহকের লে-আউট নকশা অঙ্কন কর।

(খ) একটি ট্রান্সফরমার ইয়ার্ডের স্থাপন নকশা এঁকে দেখাও।

১৮। (ক) একটি সুইচ গিয়ার স্থাপন নকশা অঙ্কন কর।

(খ) ময়মনসিংহ পলিটেকনিক ইনস্টিটিউটের পাওয়ার শপে কিছু যন্ত্রপাতি স্থাপনের অসুবিধা প্রসঙ্গে পরিদর্শন প্রতিবেদন লিখ।

১৯। টীকা লিখ :

(ক) প্ল্যান্ট নকশা,

(খ) এলাকা নির্বাচন (site selection),

(গ) প্ল্যান (plan),

(ঘ) এলিভেশন (elevation)।

২০। (ক) প্রিন্টিং বা মুদ্রণ কি?

(খ) নীল নকশা মুদ্রণ (Blue Print Printing) বলতে কি বুঝ?

(গ) উন্নয়নমূলক কাজে উহার গুরুত্ব আলোচনা কর।

২১। (ক) প্রতিলিপি-নকশা বলতে কি বুঝ?

(খ) ইহা সাধারণত কত প্রকার ও কি কি?

২২। (ক) নীল নকশা কত প্রকার ও কি কি?

(খ) ফেরু প্রিন্ট নকশা বলতে কি বুঝ?

(গ) নীল নকশা প্রস্তুতে ব্যবহৃত রাসায়নিক দ্রব্য ও উপকরণগুলির নাম লিখ।

২৩। (ক) ফেরু পেপার কি?

(খ) উহাকে সেন্সিটাইজড (sensitised) করার প্রয়োজন হয় কেন?

(গ) একটি আনসেন্সিটাইজড ফেরু পেপারকে সেন্সিটাইজড করার প্রক্রিয়া বর্ণনা কর।

২৪। (ক) একটি ফেরু প্রিন্ট যন্ত্রের নকশা অঙ্কন করে উহার কার্যপ্রণালী লিখ।

(খ) একটি ফেরু প্রিন্ট নকশার প্রস্তুতপ্রণালী বিস্তারিতভাবে লিখ।

২৫। (ক) নীল নকশা প্রস্তুতে আলোকরশ্মি ও তাপের বিক্রিয়া বর্ণনা কর।
(খ) ইহা প্রস্তুতে অন্ধকার কক্ষ ও পানির আধারের প্রয়োজন হয় কেন?

২৬। (ক) অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশা বলতে কি বুঝ?
(খ) এই নকশায় কি কি উপকরণের প্রয়োজন হয় লিখ।
(গ) একটি অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশার প্রস্তুত প্রণালী বর্ণনা কর।

২৭। ফেরু প্রিন্ট ও অ্যামোনিয়া প্রিন্ট নকশার মধ্যে বিরাজমান পার্থক্যগুলি নির্দেশ কর।

২৮। টীকা লিখ:
(ক) অজালিড (Ozalid) কপিং নকশা,
(খ) ভ্যানডাইক (Vandyke) কপিং নকশা,
(গ) ফটোস্টাট (Photostat) কপিং নকশা,
(ঘ) মিমিওগ্রাফ বা হেক্টোগ্রাফ (Mimeograph or Hectograph) নকশা।
(ঙ) অফসেট (Offset) প্রিন্টিং নকশা।

২৯। (ক) একটানা নীল নকশা প্রস্তুতের জন্য কি কি ধরনের যন্ত্র ব্যবহার করা হয়?
(খ) নীল নকশার একটি নমুনা অঙ্কন করে দেখাও।

৩০। সঠিক তথ্য লিপিবদ্ধ কর:
(ক) প্ল্যান্ট নকশার আওতাভুক্ত প্রধানতঃ ---
(অ) দালানকোঠার নকশা, (আ) শক্তি উৎপাদন কেন্দ্রের নকশা, (ই) কারখানার নকশা, (ঈ) ব্রিজ ও রাস্তার নকশা।
(খ) নীল নকশায় থাকে সাধারণত —
(অ) নকশার দাগ কালো ও প্রিন্টিং কাগজের অবশিষ্ট অংশ নীল,
(আ) নকশার দাগ সাদা ও প্রিন্টিং কাগজের অবশিষ্ট অংশ নীল,
(ই) নকশার দাগ নীল ও অঙ্কন কাগজের অবশিষ্ট অংশ সাদা।
(গ) অঙ্কন কাগজের গাঢ় কালির দাগের মধ্য দিয়ে---
(অ) আলোকরশ্মি ভেদ করতে পারে,
(আ) আলোকরশ্মি ভেদ করতে পারে না।
(ঘ) সেনসিটাইজড ফেরু পেপারের রং সাধারণত —
(অ) কালো, (আ) হালকা হলুদ, (ই) হালকা নীল, (ঈ) সাদা।

(ঙ) নীল ছাপার নকশা প্রস্তুতে প্রয়োজন হয় —
(অ) আলোময় কক্ষ, (আ) অন্ধকারাচ্ছন্ন কক্ষ।
(চ) নীল ছাপার নকশা প্রস্তুতের রাসায়নিক উপাদান —
(অ) পটাসিয়াম ফেরিসায়ানাইড ও ফেরিক এমোসাইট্রেট,
(আ) সাইয়োনাইট অব অ্যামোনিয়া ও পটাসিয়াম সাইট্রেট।
(ছ) নীল ছাপার নকশা প্রস্তুতের জন্য কাঠামোকে রৌদ্রে রাখা হয় —
(অ) ১০/১২ মিনিটকাল, (আ) ৪/৫ মিনিটকাল,
(ই) ১৫/১৬ মিনিটকাল।
(জ) স্বল্প সময়ে মুদ্রণ (Print) বা ছাপা হয় —
(অ) ফ্রেম প্রিন্ট যন্ত্রে, (আ) অ্যামোনিয়া প্রিন্ট যন্ত্রে।
(ঝ) ভেজা নীল নকশা শুকাতে হয় —
(অ) রৌদ্রে, (আ) হিটারে, (ই) ঘরের মধ্যে বাতাসের উত্তাপে।
(ঞ) রাসায়নিক পদার্থের স্থবক —
(অ) পানি, (আ) পেট্রোল, (ই) ডিজেল।